Design of Long Columns.

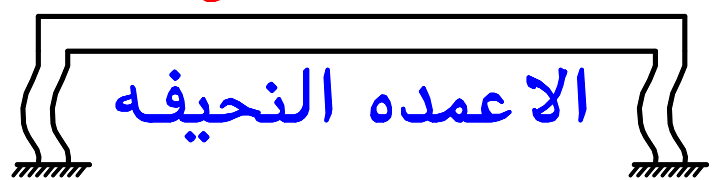
نسألكم الدعاء

IF you download the Free **APP.** RC Structures YASSER EL LEATHY on your smart phone or tablet, you will be able to play illustrative movies For any paragraph that has a QR code icon

اذا حملت تطبيق RC Structures YASSER EL LEATHY على تليفونك المحمول او اللوح السطحى ستستطيع أن تشغل أفلام شرح للمقاطع التى تحتوى على رمز

Design of Long Columns Table of Contents.

Long Columns.



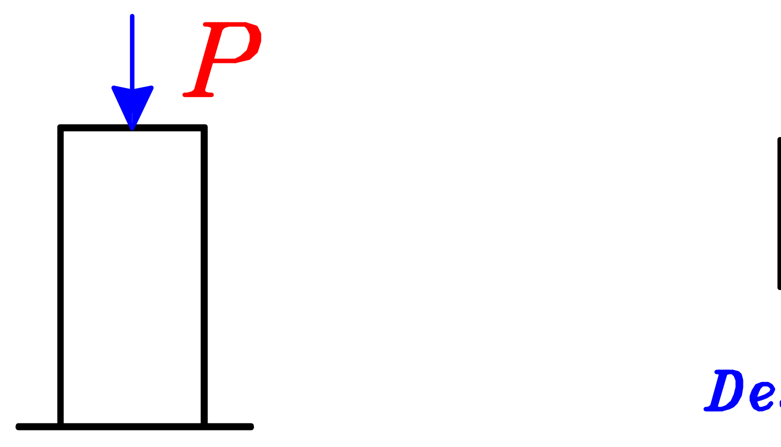


Introduction.

الأعمده النحيفه (*long columns*) هى أعمده إذا تعرضت إلى قوى ضغط محوريه يحدث لها انبعاج (*Buckling*) .

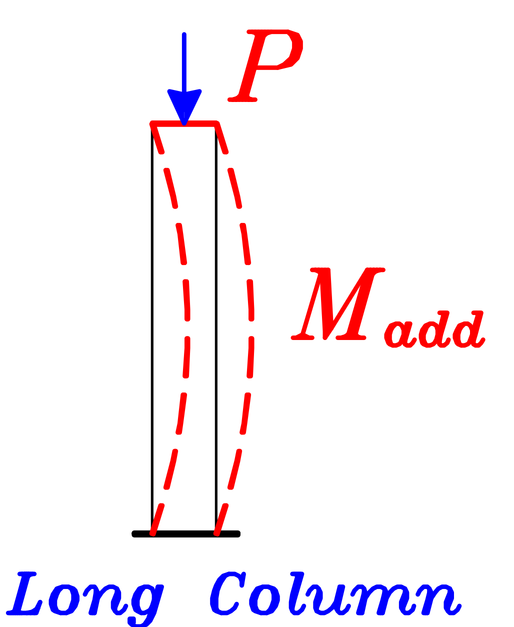
و هذا الإنبعاج ينتج عنه إجهادات ضغط و شد مثل العزوم تماما .

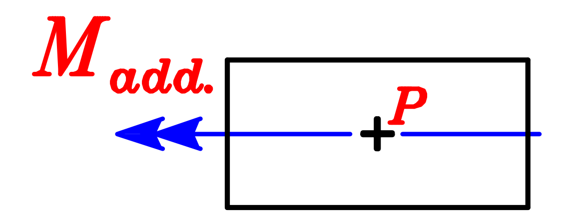
فنعتبر أن العمود النحيف يؤثر عليه عزم إضافى (*additional moment*) ($M_{add.}$)



Designed on P

Short Column





Designed on P , $M_{add.}$

Long Column

Buckling Directions. اتجاهات الانبعاج

Buckling In plane. انبعاج فى مستوى الورقه المرسوم فيها العمود

Buckling Out of plane. انبعاج خارج (عمودى) على مستوى الورقه المرسوم فيها العمود

إذا رسم عمود فى مستوى الورقه فى الـ **elevation** بحيث ظهر عرض العمود (**t**) و لم يظهر العرض (**b**)

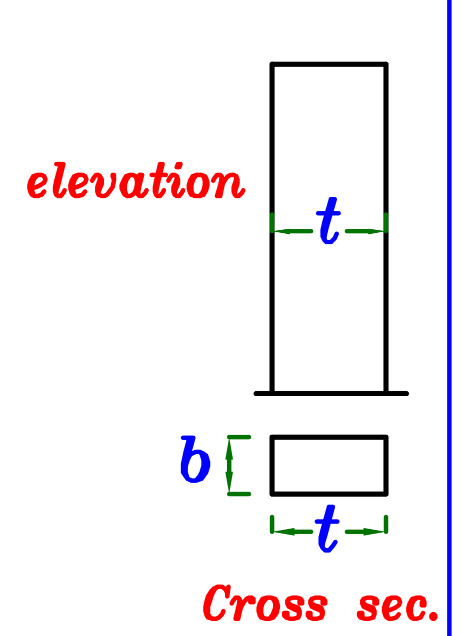
مستوى الورقه

t

b

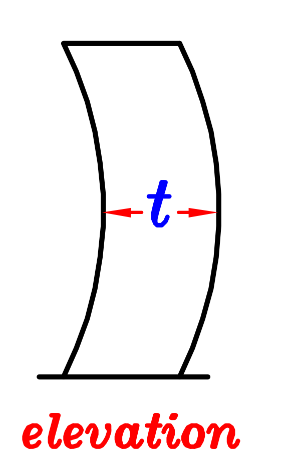
مستوى الورقه

مستوى الورقه



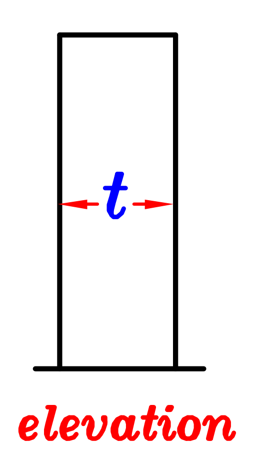
Buckling In plane.

اذا حدث الانبعاج فى نفس مستوى الورقه سيظهر فى الـ **elevation**



Buckling Out of plane.

اذا حدث الانبعاج فى مستوى عمودى على مستوى الورقه لن يظهر فى الـ **elevation**

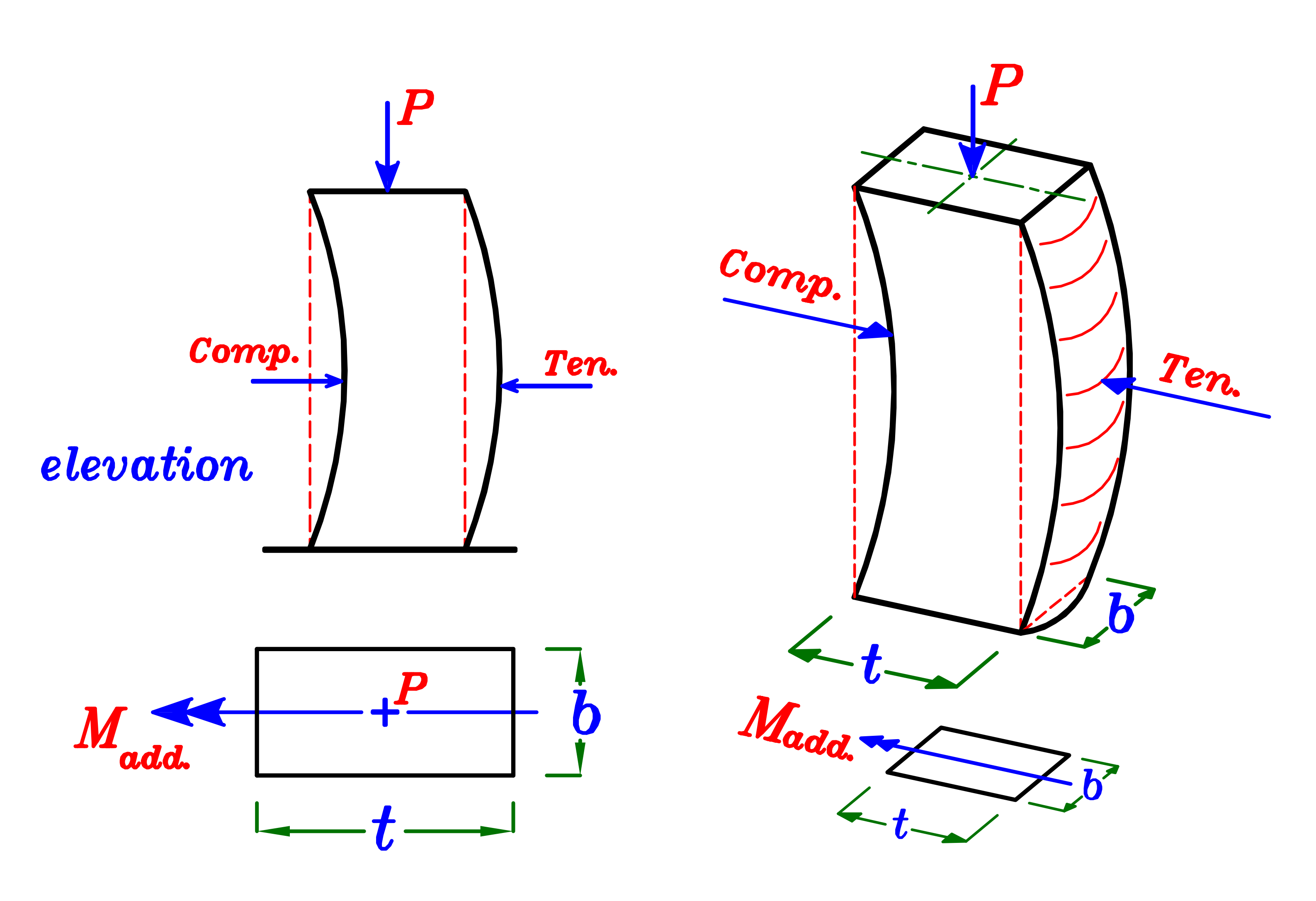


Buckling In plane.

يحدث الانبعاج فى نفس مستوى الورقه التى نرسم عليها elevation العمود .

و فى هذه الحاله سوف نرى الانبعاج الحادث للعمود .

و يكون العزم الناتج عن الانبعاج $(M_{add.})$ موازى للعرض الظاهر فى الـ elevation



Designed on P , $M_{add.}$

t = $M_{add.}$ العرض المقاوم لل $M_{add.}$ هو العرض الموازى لل

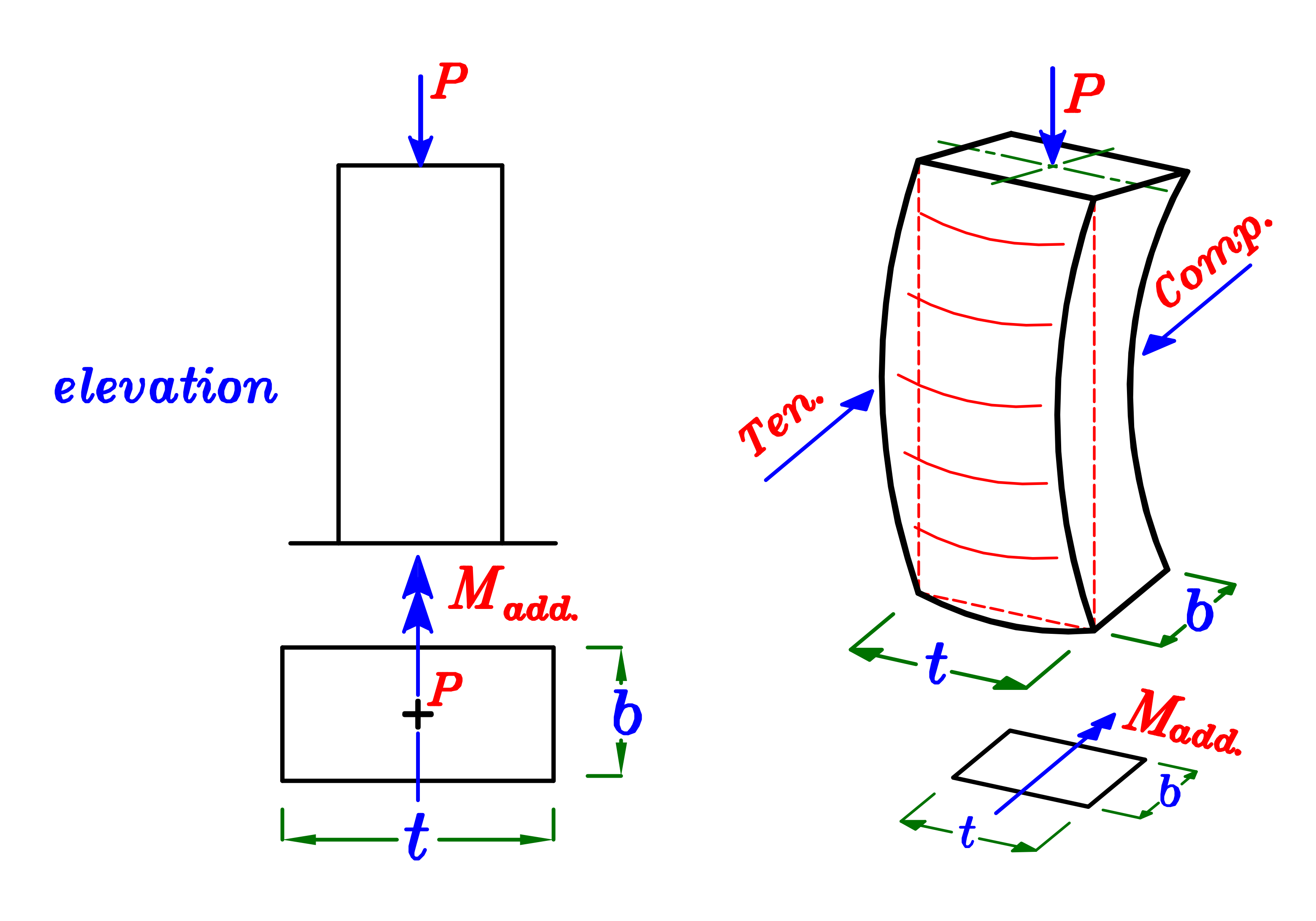
t = العرض المقاوم لل Buckling In plane هو العرض الظاهر فى الورقه

Buckling Out of plane.

يحدث الانبعاج فى اتجاه عمودى على مستوى الورقه التى نرسم عليها **elevation** العمود .

و فى هذه الحاله لن نرى الانبعاج الحادث فى العمود .

و يكون العزم الناتج عن الانبعاج $(M_{add.})$ موازى للعرض الغير الظاهر فى الـ **elevation**



Designed on P , $M_{add.}$

$b = M_{add.}$ العرض المقاوم لـ $M_{add.}$ هو العرض الموازى لـ

$b =$ العرض المقاوم لـ **Buckling Out of Plane** هو العرض الغير الظاهر فى الورقه

Types of Columns

عاده نصنف الاعمده الى تصنيفين :

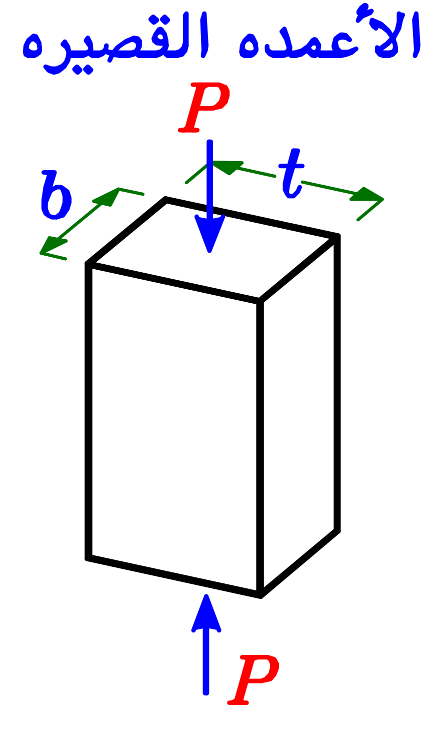
* Short columns OR Long columns.

أعمده قصيره أو أعمده نحيفه

* Braced columns OR Unbraced columns.

أعمده مقيده أو أعمده غير مقيده

① Short columns. الأعمده القصيره



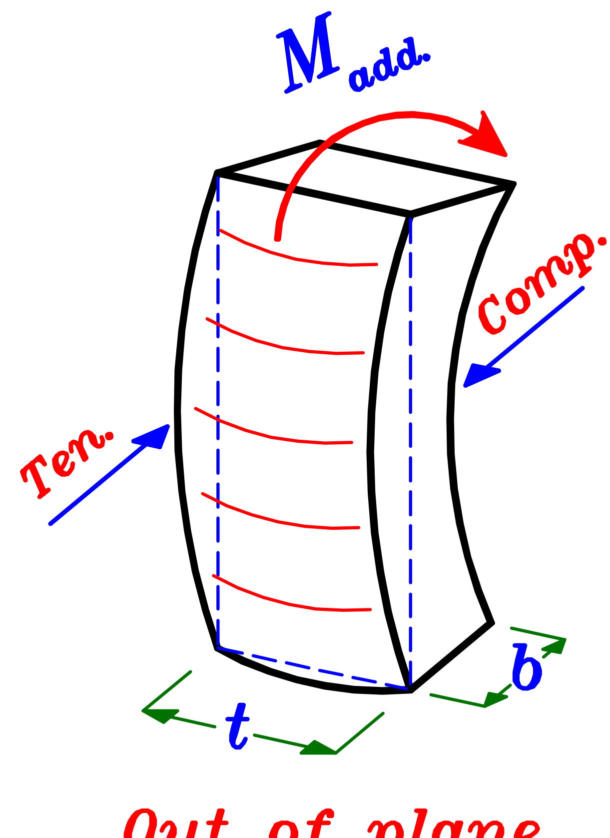
ال Short columns هى أعمده قصيره لا يحدث لها إنبعاج

No Buckling ⟶ No Additional Moment

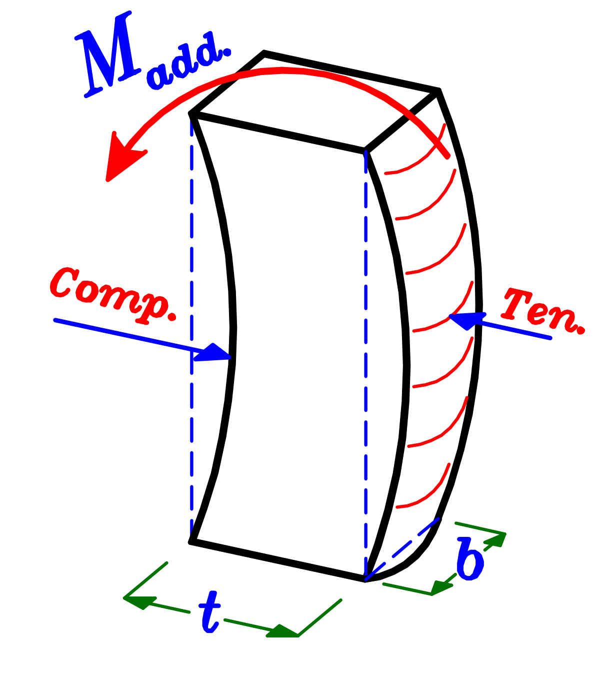
أى عندما تؤثر Axial Force على ال Short column

لا يحدث له Buckling أى لا يوجد عليه Additional Moment

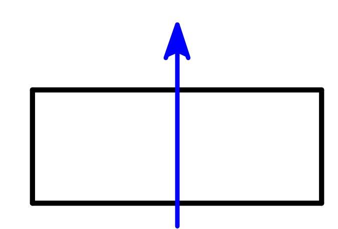
② Long columns. الأعمده النحيفه

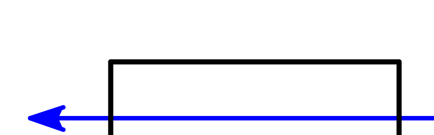


Out of plane



In plane





Buckling ⟶ Additional Moment

الأعمده النحيفه هى أعمده عندما يؤثر عليها Axial Force

يحدث لها إنبعاج Buckling

أى يوجد عليها Additional Moment

و يكون الـ ($M_{add.}$) فى إتجاه من إتجاهين

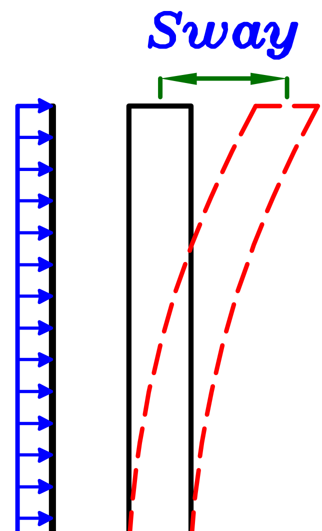
إما (In plane) أو (Out of plane)

و لا يكون فى الإتجاهين معاً.

* Unbraced Columns. أعمدة غير مقيده

هى أعمده اذا أثرت عليها قوى جانبيه lateral loads

يحدث لها تمايل sway



أى أن العمود نفسه هو من يتحمل القوى الافقيه

و هو من يوصلها للارض .

* Braced Columns. أعمدة مقيده

هى أعمده اذا أثرت عليها قوى جانبيه lateral loads

No sway

لا يحدث لها تمايل sway No

أى أن العمود ليس هو من سيتحمل القوى الافقيه

بل يوجد عنصر أخر هو من سيتحمل القوى الافقيه

و يعمل على توصيلها للارض .

و العناصر التى من الممكن ان تحمل القوى الافقيه بدل الاعمده مثل :

1_ Vertical Bracing. (فى المصانع الـ steel)

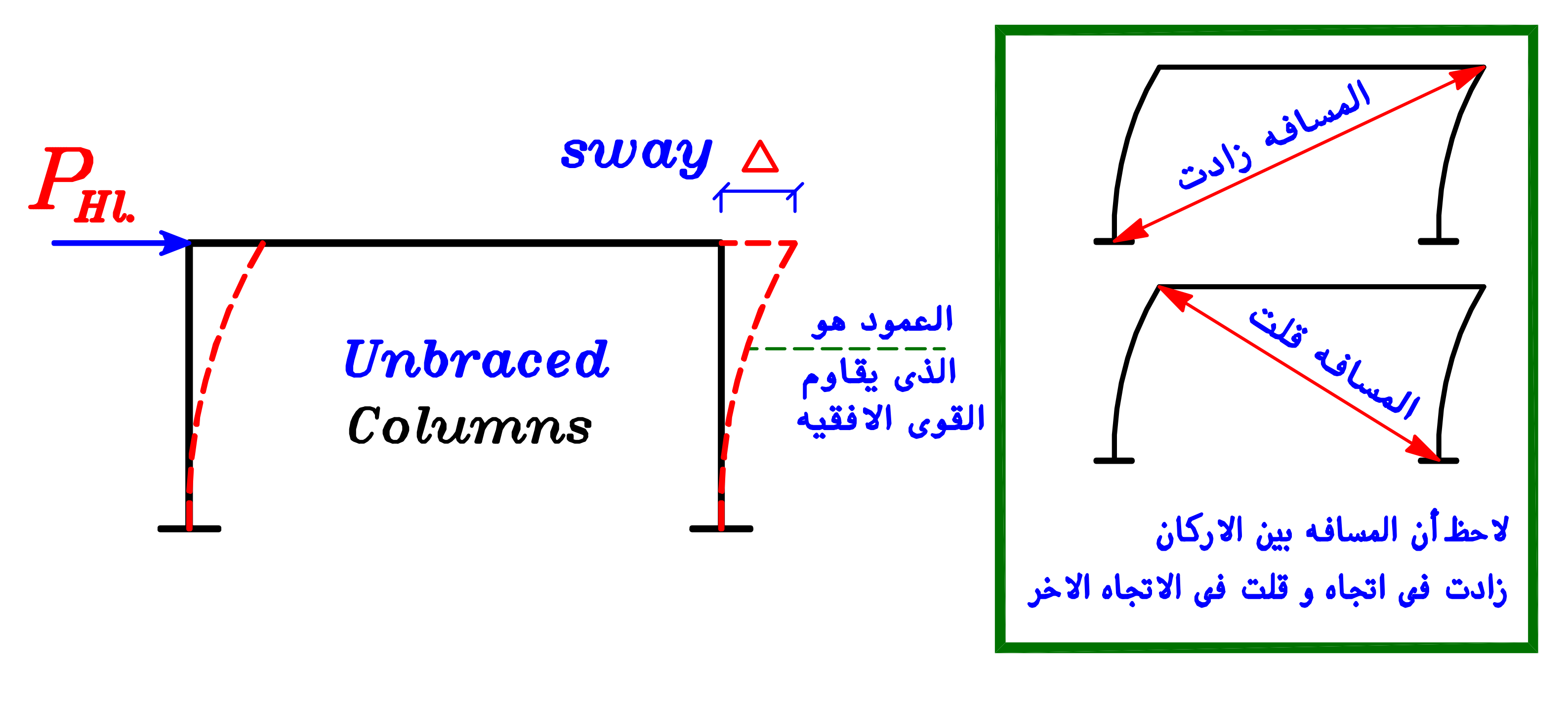
2_ Shear Wall. (فى المبانى الخرسانيه المرتفعه)

3_ Core. (فى المبانى الخرسانيه المرتفعه)

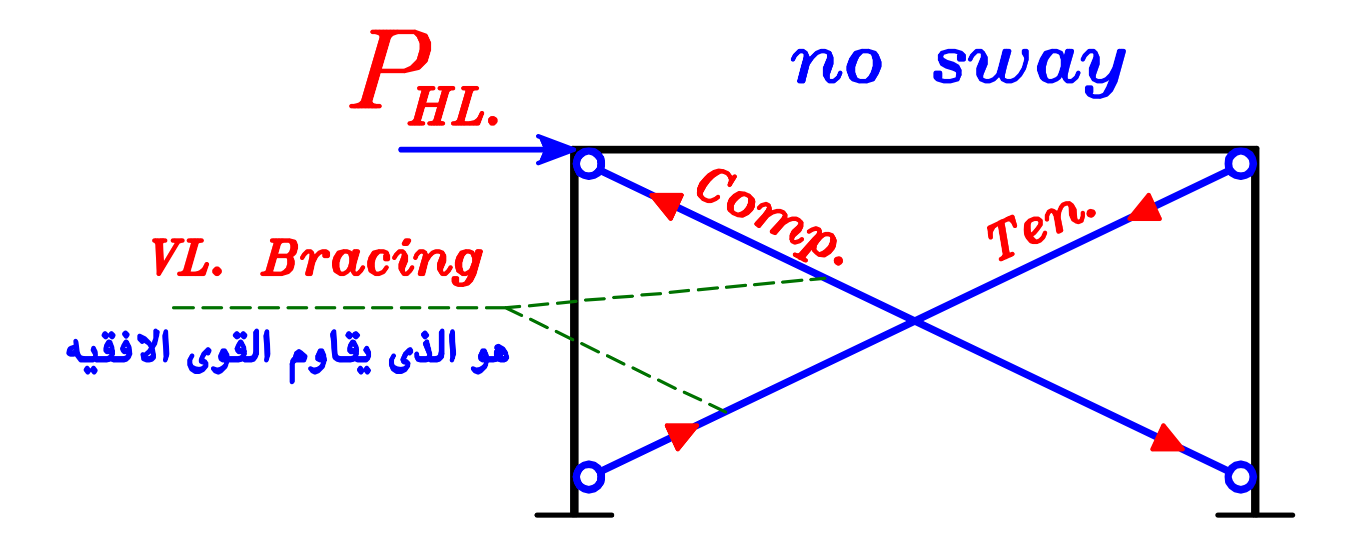
1_ Vertical Bracing. (في المصانع الـ steel)

اذا اثرت قوى جانبيه على الـ steel Frame و لان قطاعات الـ steel عاده تكون صغيره فسيحدث Sway للاعمده

فتكون الاعمده فى هذه الحاله Unbraced Columns

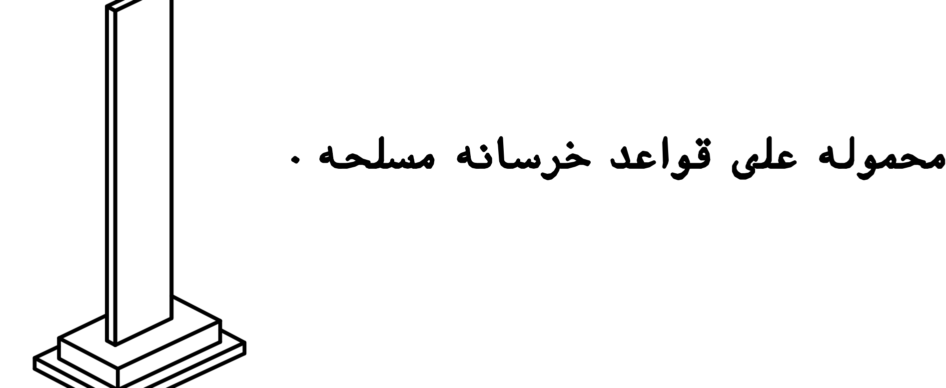


اما اذا تم وضع Vertical Bracing و هى عباره عن members موضوعه فى الاقطار لتمنع تغير المسافه بين الاركان و بالتالى لن يحدث sway فتكون الـ members الـ Vertical Bracing هى من نقلت القوى الافقيه الى الارض .



2- Shear Walls. (في المبانى الخرسانيه المرتفعه)

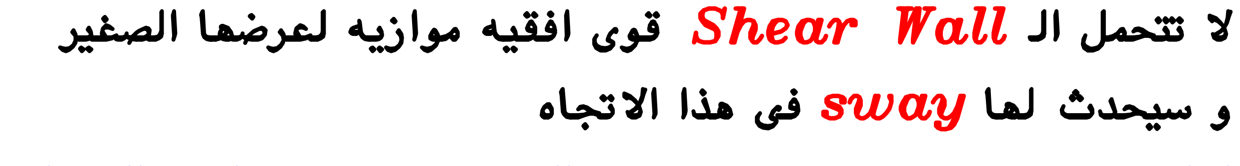
ال Shear Walls هى حوائط خرسانه مسلحه بأرتفاع المبنى بالكامل



محموله على قواعد خرسانه مسلحه .

تتحمل ال Shear Wall قوى افقيه موازيه لعرضها الكبير

اى هى من سينقل القوى الافقيه الى الارض .



لا تتحمل ال Shear Wall قوى افقيه موازيه لعرضها الصغير

و سيحدث لها sway فى هذا الاتجاه

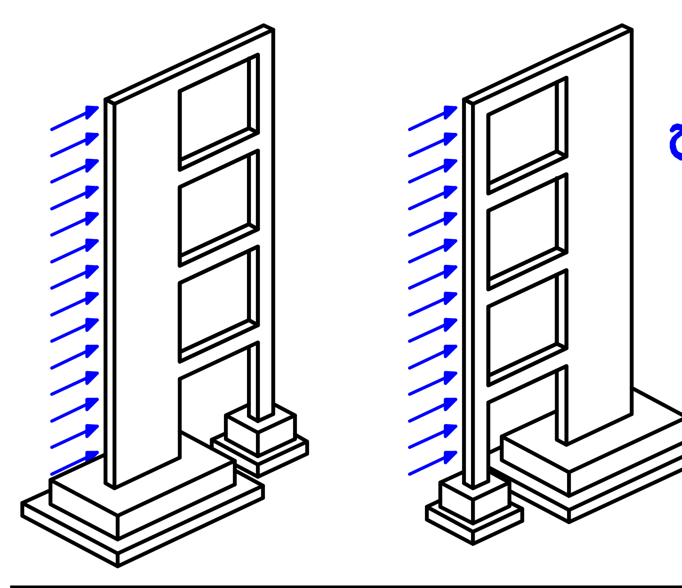
لذا عند وضع Shear Walls فى المبنى يجب وضعها فى الاتجاهين

لان ال Shear Wall مربوطه مع الاعمده فى كل دور

بكمرات كبيره اذاً عند تعرض المبنى لقوى جانبيه

لن يحدث sway للاعمده فتكون كل الاعمده Braced Columns

و تكون ال Shear Walls هى المسئوله عن نقل القوى الافقيه الى الارض .

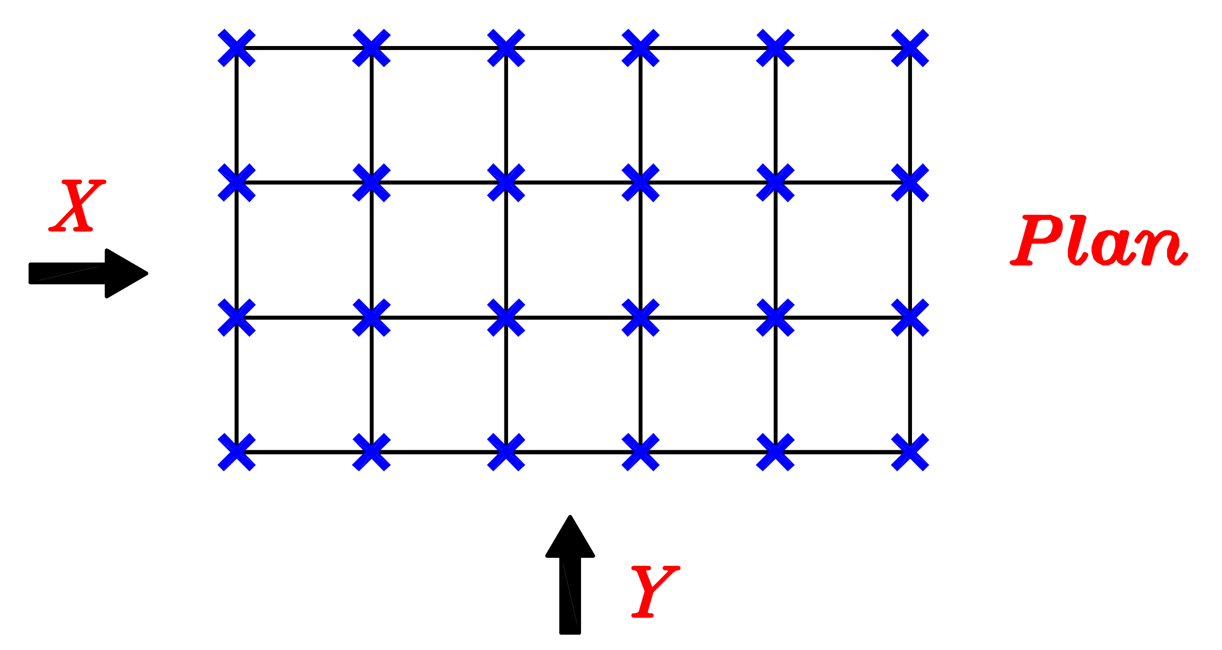


ليس شرط وضع ال Shear Wall فى الخارج

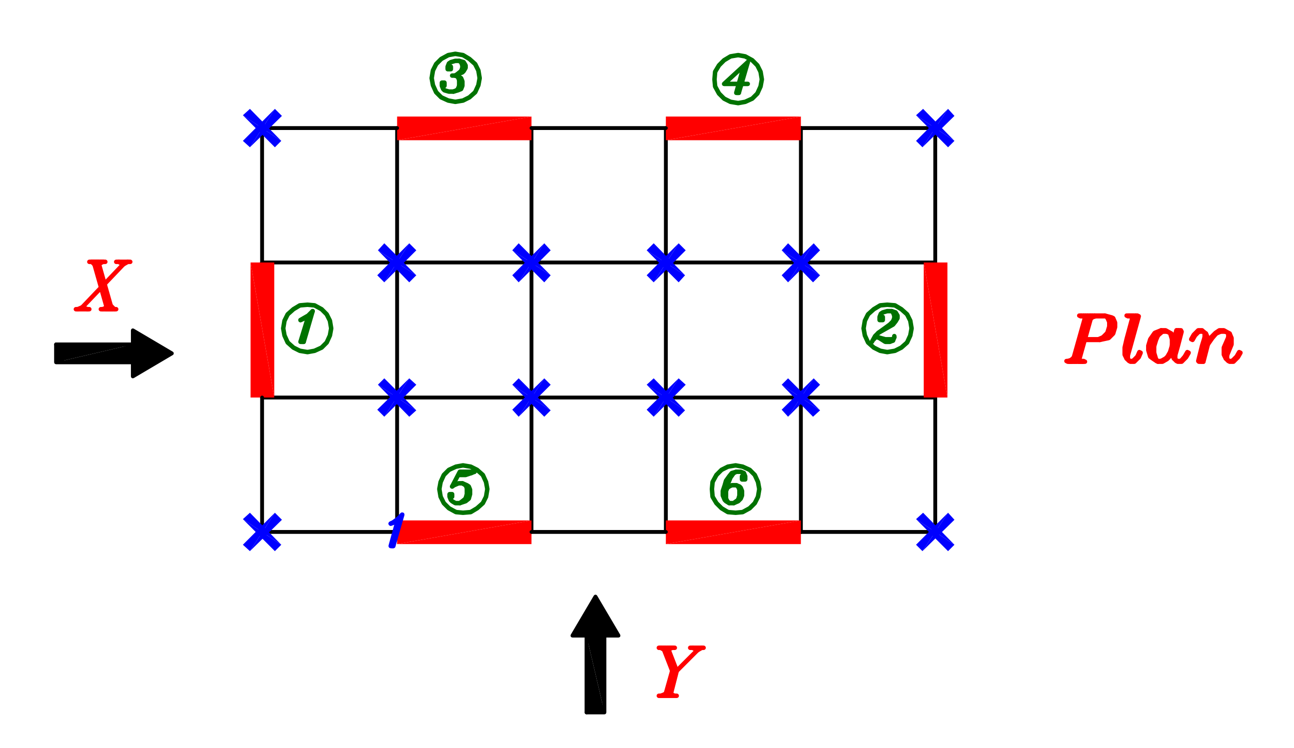
لانه حتى لو القوى الجانبيه اصطدمت

بالعمود أولا ستمنعه ال Shear Wall

من حدوث sway له فيكون عمود braced



في هذه الحاله الاعمده كلها تعتبر un Braced Columns في الاتجاهين

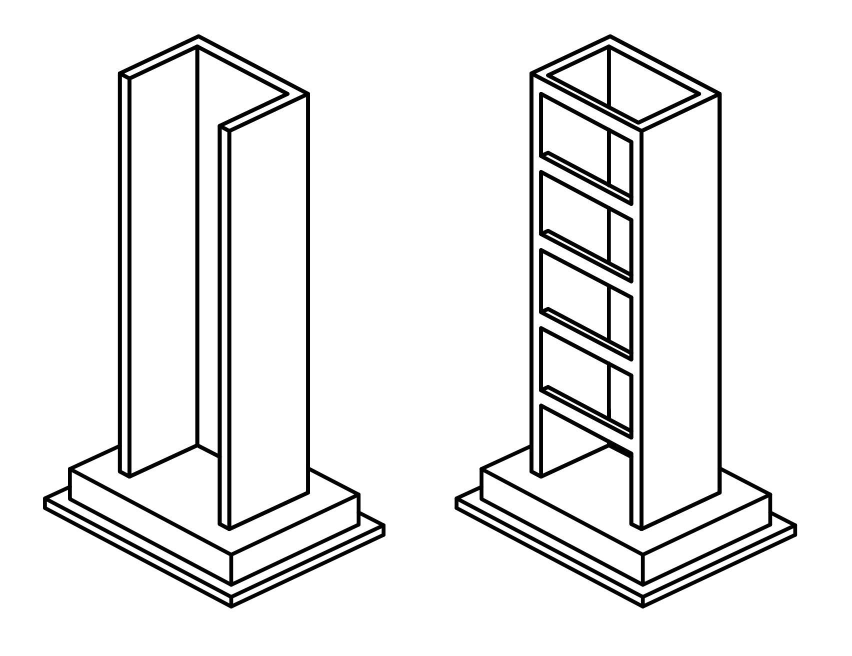


في هذه الحاله الاعمده كلها تعتبر Braced Columns في الاتجاهين

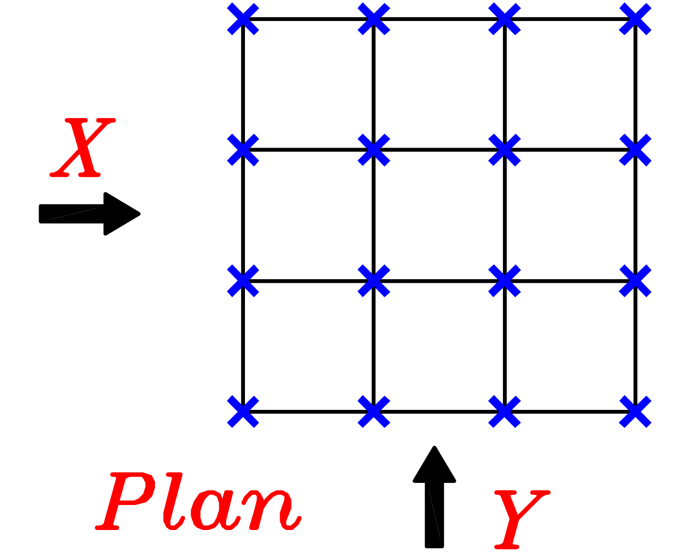
ال shear walls رقم ①, ② تقاوم القوى الافقيه فى اتجاه Y

ال shear walls رقم ③, ④, ⑤, ⑥ تقاوم القوى الافقيه فى اتجاه X

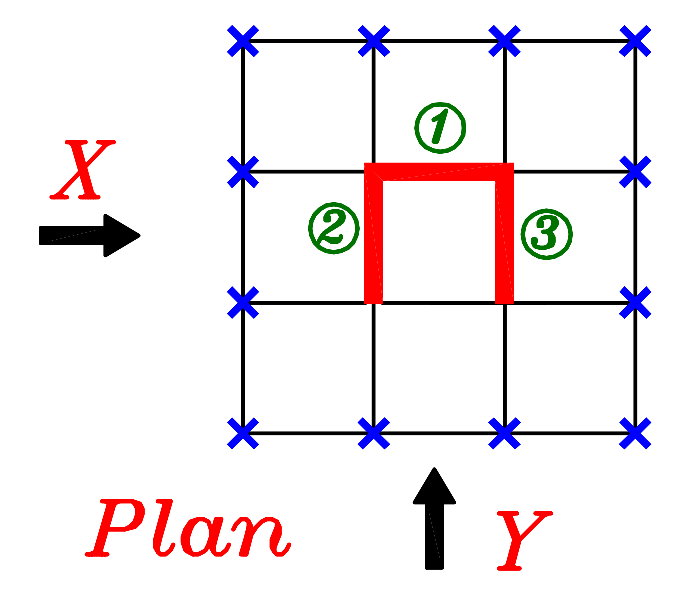
3_ Core. (فى المبانى الخرسانيه المرتفعه)



ال Core عباره عن
ثلاث حوائط خرسانه مسلحه
على شكل ⊔
و فى الجنب الرابع يكون مربوط
بكمرات فى كل دور .



فى هذه الحاله الاعمده كلها تعتبر
un Braced Columns فى الاتجاهين



فى هذه الحاله الاعمده كلها تعتبر
Braced Columns فى الاتجاهين

ال walls رقم ②، ①
تقاوم القوى الافقيه فى اتجاه Y

ال wall رقم ③
تقاوم القوى الافقيه فى اتجاه X



لكى نعرف اذا كان العمود *Short* or *Long* نحسب معامل النحافه λ_b

فاذا كانت الـ λ_b كبيره معناها ان العمود *Long*

و اذا كانت صغيره معناه ان العمود *Short*

How to Calculate the Slenderness Ratio. (λ_b)

كيف نحسب معامل النحافه لعمود

$$\lambda_b = \frac{\text{الطول الفعلى للعمود الذى ممكن حدوث انبعاج له}}{\text{نصف قطر التدويم}}$$

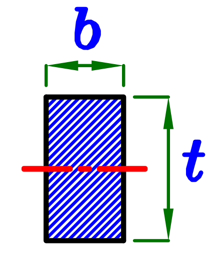
$$\lambda_b = \frac{\text{Effective Height}}{\text{Radius of Gyration}} = \frac{H_e}{i}$$

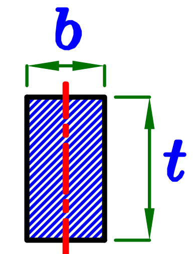
Where :

i is the radius of gyration

$$i = \sqrt{\frac{I}{A}}$$

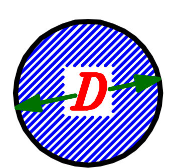
For rectangular section





$$i = \sqrt{\frac{b * t^3 / 12}{b * t}} = 0.2886 * t \simeq 0.30 * (b \text{ or } t)$$

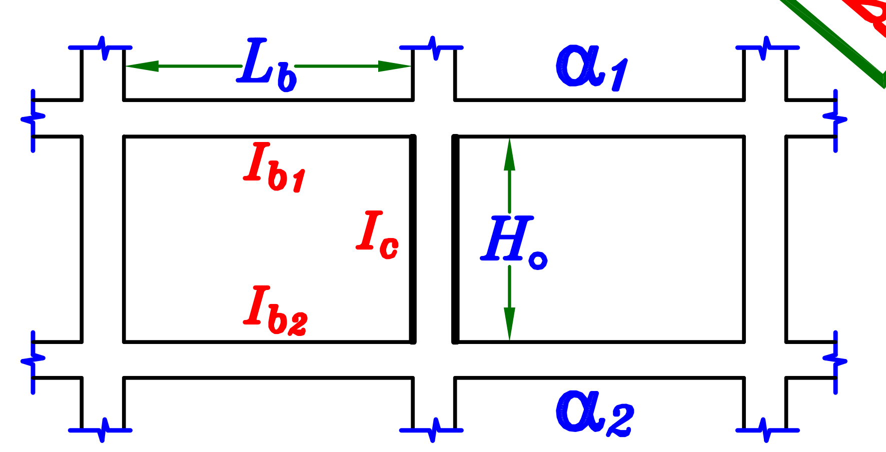
For circular section



$$i = \sqrt{\frac{\pi * D^4 / 64}{\pi * D^2 / 4}} = 0.25 * D$$

نظرى

H_e is the effective height



$$H_e = K * H_o$$

H_o is the clear Height of the column.

$$\alpha = \frac{\Sigma\, E_c\, I_c / H_o}{\Sigma\, E_c\, I_b / L}$$

Calculate

α_1 For the top conditions of the column.

اى نحسب I, H للعمود المطلوب و العمود الاعلى منه و قيمه I, L للكمره يمين و يسار العمود من اعلى

α_2 For the bottom conditions of the column.

اى نحسب I, H للعمود المطلوب و العمود الاسفل منهو قيمه I, L للكمره يمين و يسار العمود من اسفل

α_{min} is the smaller value of α_1 & α_2

For Unbraced Columns.

$$K = 1.0 + 0.15\,(\alpha_1 + \alpha_2)$$

$$K = 2.0 + 0.30\,(\alpha_{min})$$

الاقل

$$K \geqslant 1.0$$

For Braced Columns.

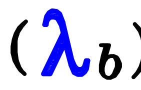
$$K = 0.7 + 0.05\,(\alpha_1 + \alpha_2)$$

$$K = 0.85 + 0.05\,(\alpha_{min})$$

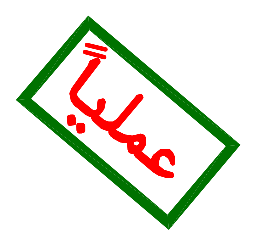
الاقل

$$K \leqslant 1.0$$

How to Calculate the Slenderness Ratio. (λ_b)







لتحديد اذا كان العمود (Short or Long)

نحسب نسبه تسمى (نسبة النحافه) (Slenderness Ratio) (λ_b)

فى الاتجاهين :

أولاً : فى الاتجاه الموازى لمستوى الورقه (In plane) $\lambda_{b\,in}$

ثانياً : فى الاتجاه العمودى على مستوى الورقه (Out of plane) $\lambda_{b\,out}$

و نقارن $(\lambda_{b\,in}$ & $\lambda_{b\,out})$ كلا على حده بقيم معينه

لتحديد نوع العمود فى كل اتجاه هل هو Short column أم Long column

---

To calculate the slenderness ratio (λ_b)

$$\lambda_b = \frac{\text{الطول الفعلى للعمود الذى ممكن حدوث انبعاج له}}{\text{العرض الذى يقاوم عزم الانبعاج}}$$

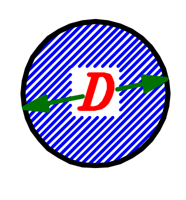
$$\lambda_{b\,in} = \frac{K * H_o}{t}$$ In Plane

$$\lambda_{b\,out} = \frac{K * H_o}{b}$$ Out of Plane

For Circular Columns

For In plane & Out of plane

$$\lambda_b = \frac{K * H_o}{D}$$



* H_o = Clear height of the column.

هو الطول الغير ممسوك **أو** هو الطول الذى يمكن من خلاله حدوث **Buckling**

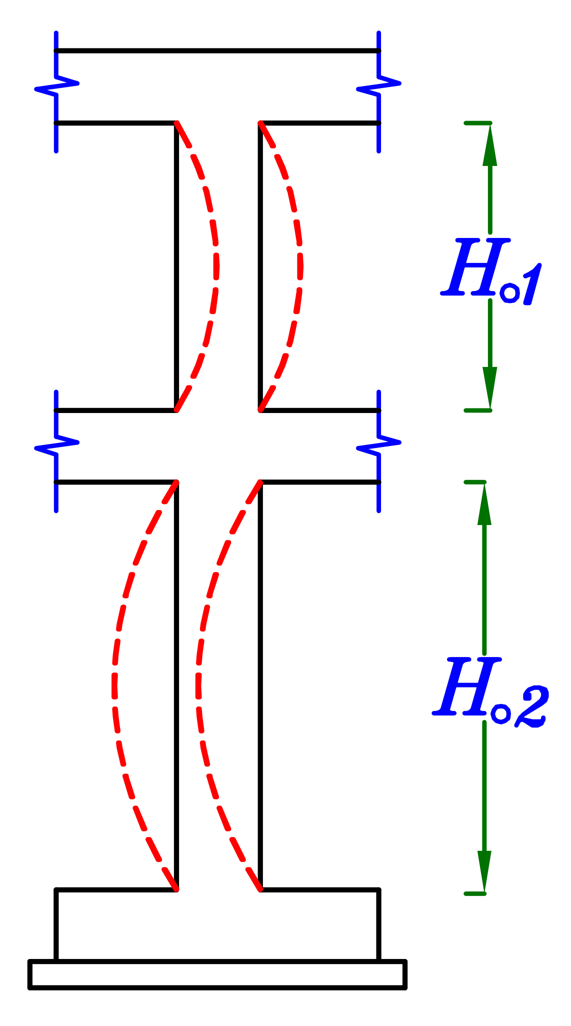
$$H_o = H_F - t$$

t

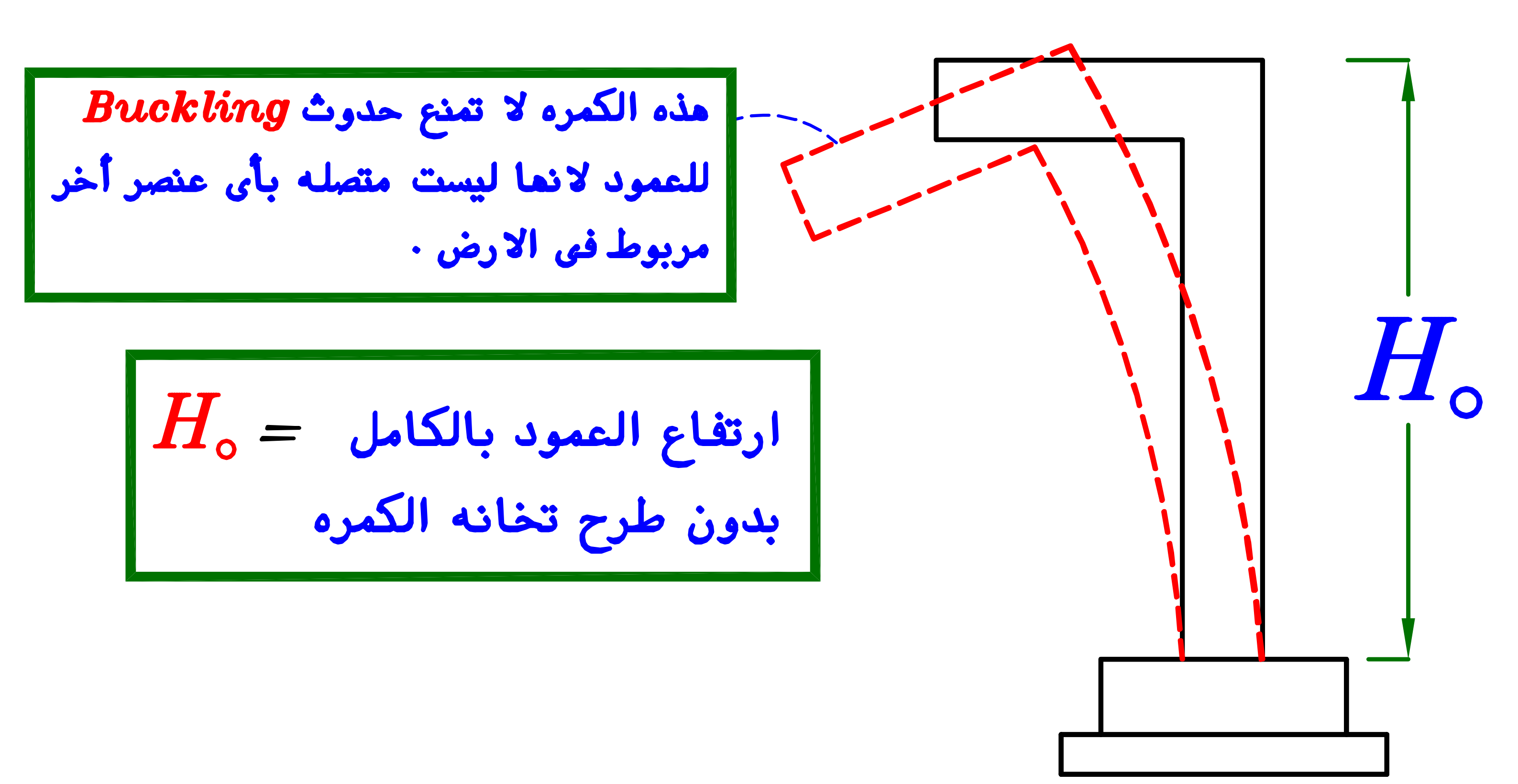
H_F

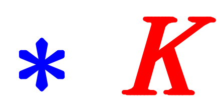
H_o

$$H_o = \text{bigger From } H_{o1}, H_{o2}$$



Cantilever Frame







K هو عباره عن Factor يتم ضربه فى ال H_o
لتحديد الطول H_e و هو الطول الفعلى الذى سيحدث له Buckling

$$H_e = K * H_o$$

H_e هى المسافه الرأسيه التى يحتاجها العمود
لترجع النقطه لنفس مستواها الرأسى

Braced

H_o KH_o KH_o KH_o

Un Braced

يحدث sway

sway sway

H_o KH_o

K = Constant depends on the upper & Lower Conditions of the Column.

Egyptian Code Pages (6–53)

Upper End Conditions	Unbraced Columns		
	Lower End Conditions		
	Case (1)	Case (2)	Case (3)
Case (1)	1.20	1.30	1.60
Case (2)	1.30	1.50	1.80
Case (3)	1.60	1.80	—
Case (4)	2.20	—	—

Upper End Conditions	Braced Columns		
	Lower End Conditions		
	Case (1)	Case (2)	Case (3)
Case (1)	0.75	0.80	0.90
Case (2)	0.80	0.85	0.95
Case (3)	0.90	0.95	1.0
Case (4)	—	—	—

جدول (٦-٩) نسبة $\frac{H_e}{H_o}$ للأعمدة المقيدة

حالة الطرف عند الطرف العلوي	حالة الطرف عند الطرف السفلي		
	1	2	3
1	0.75	0.80	0.90
2	0.80	0.85	0.95
3	0.90	0.95	1.00

جدول (٦-١٠) نسبة $\frac{H_e}{H_o}$ للأعمدة غير المقيدة

حالة الطرف عند الطرف العلوي	حالة الطرف عند الطرف السفلي		
	1	2	3
1	1.20	1.30	1.60
2	1.30	1.50	1.80
3	1.60	1.80	—
4	2.20	—	—

٦-٤-٥-٢ الأعمدة النحيفة المقيدة جانبياً

أولاً : العزوم الإضافية الناتجة عن الإنبعاج M_{add}

يؤخذ تأثير الانبعاج في الأعمدة النحيفة باعتبار عزم إضافى كما هو موضح بشكل (٦-١٨) ويقدر من المعادلة التالية:

$$M_{add} = P.\delta \qquad (6\text{-}35)$$

حيث تؤخذ δ كالآتى:

- في حالة الأعمدة المستطيلة في الاتجاه t من العمود

$$\delta = \frac{\lambda^2{}_t\,.\,t}{2000} \qquad (6\text{-}36\text{-}a)$$

- في حالة الأعمدة المستطيلة في الاتجاه b من العمود

$$\delta = \frac{\lambda^2{}_b\,.\,b}{2000} \qquad (6\text{-}36\text{-}b)$$

- في حالة الأعمدة الدائرية ذات القطر D

$$\delta = \frac{\lambda^2{}_D\,.\,D}{2000} \qquad (6\text{-}36\text{-}c)$$

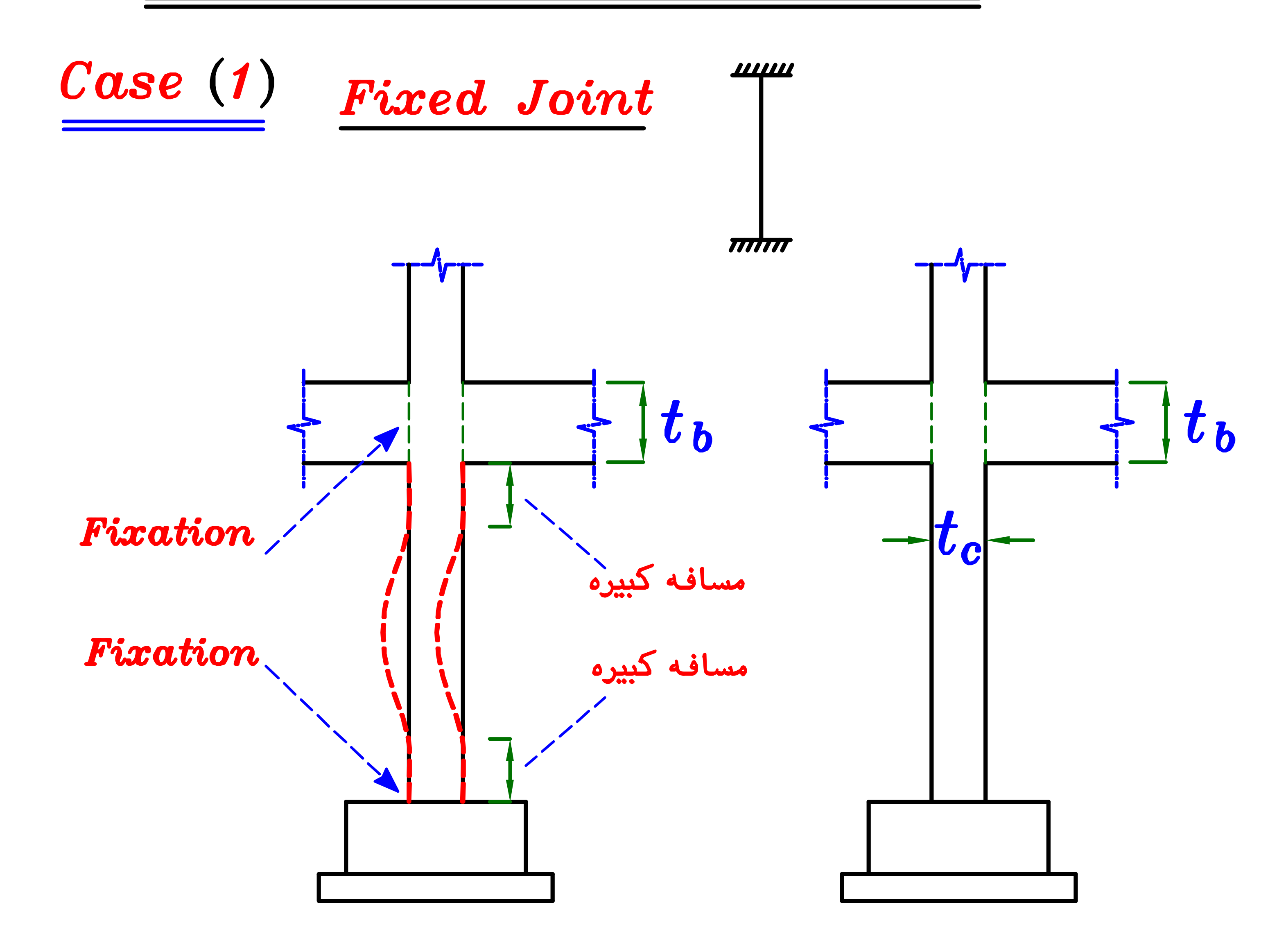
- وفى الحالة العامة

$$\delta = \frac{\lambda^2{}_i\,.\,t'}{30000} \qquad (6\text{-}36\text{-}d)$$

حيث t' = طول الضلع في اتجاه الإنبعاج.

End Conditions of Columns.

Case (1) Fixed Joint



Happened when

Column with Big beam. $t_b \gg t_c$

IF there is a Foundation.

Case (2)

Partially Fixed Joint

لا نستطيع أن نعتبرها Fixed و لا نستطيع أن نعتبرها Hinged

t_b

t_b

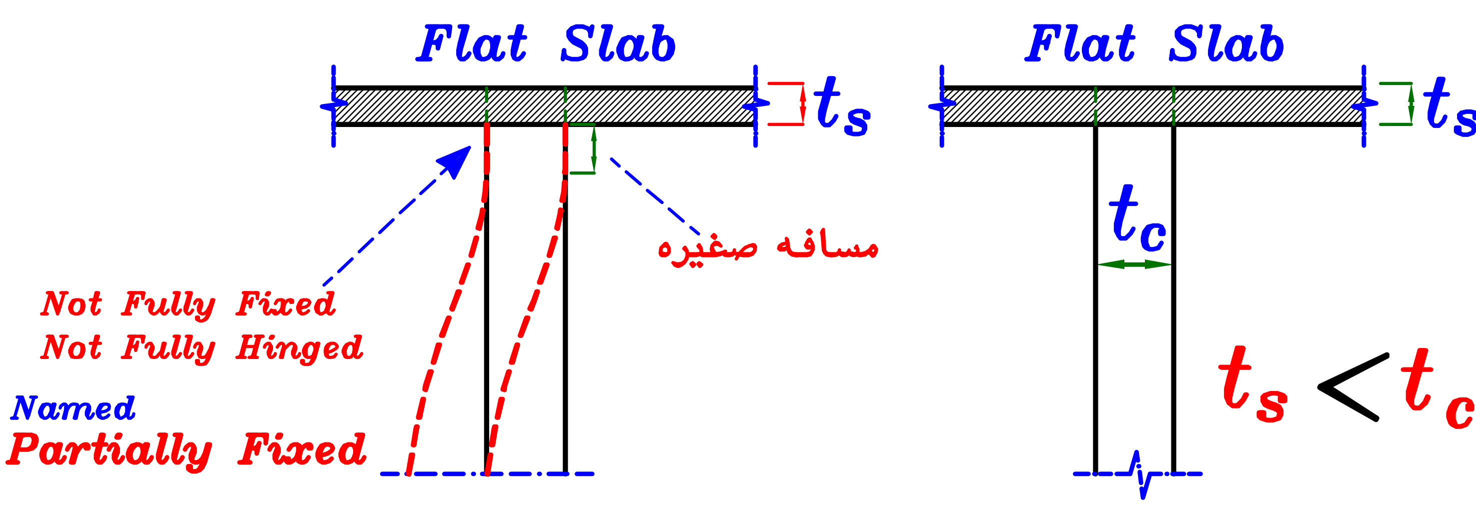
t_c

مسافه صغيره

Not Fully Fixed
Not Fully Hinged

Named
Partially Fixed

$t_b < t_c$

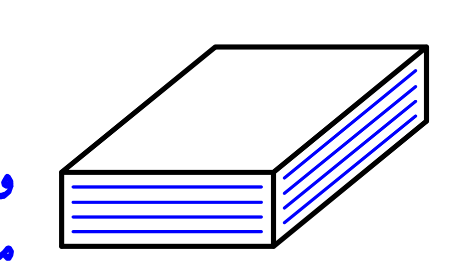


Happen when

Column with Small beam. $t_b < t_c$

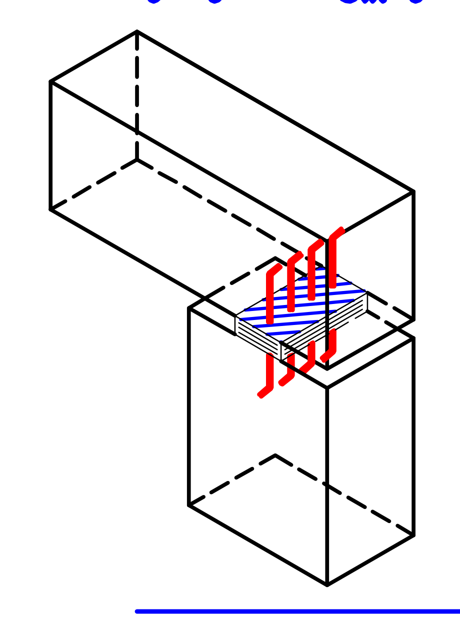
Column with Flat Slab $t_s < t_c$

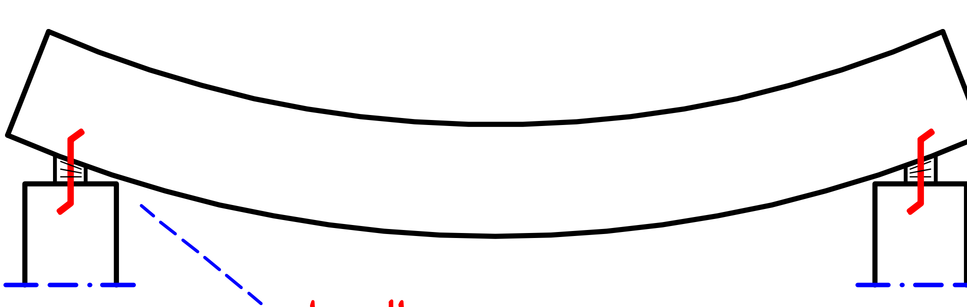
Case (3) Hinged Joint

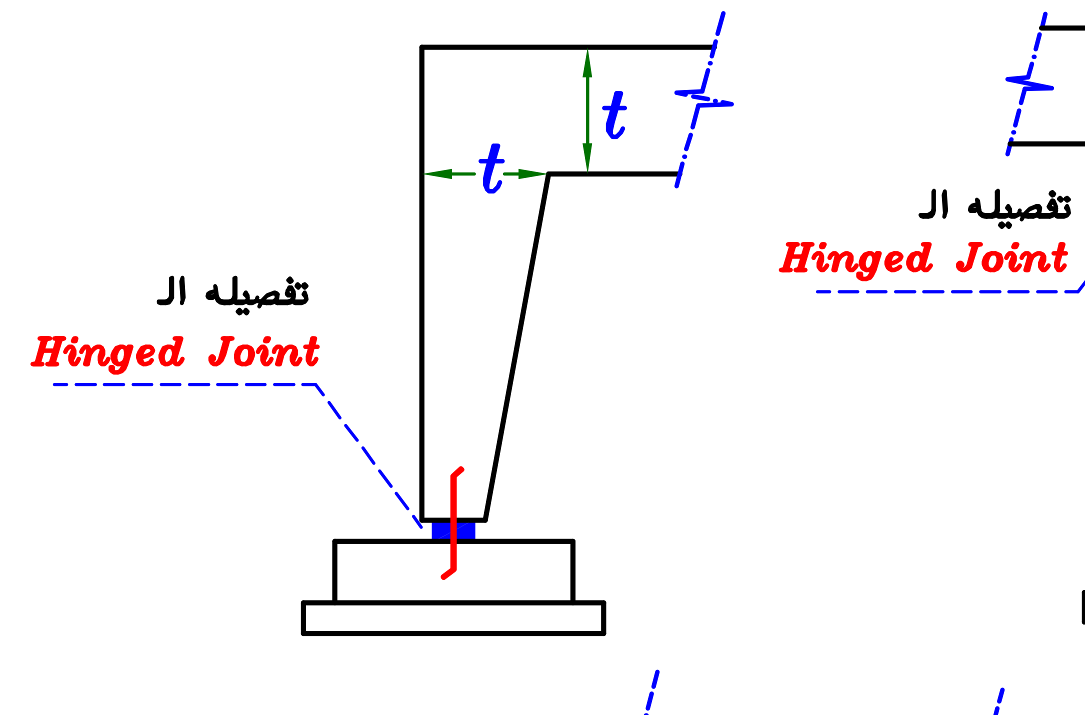


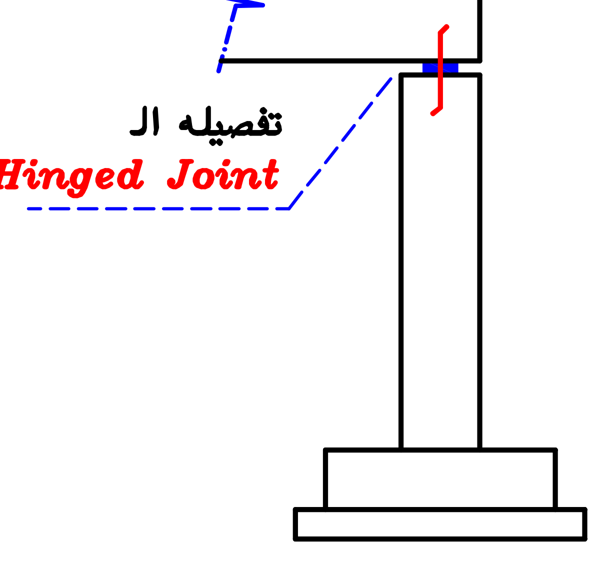
Neoprene Plate.

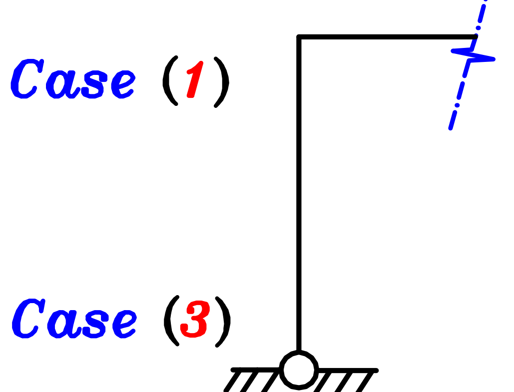
و هو عباره عن الواح صلب و بينهم شرائح مطاط
ممكن وضعه بين الكمره و العامود او بين العامود و القاعده

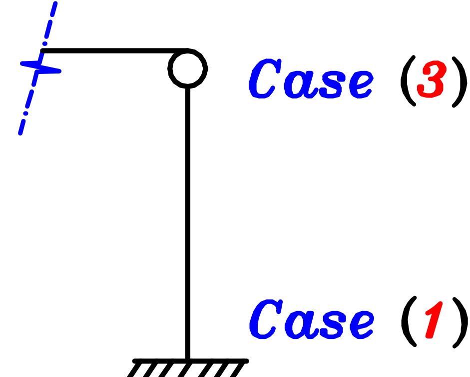










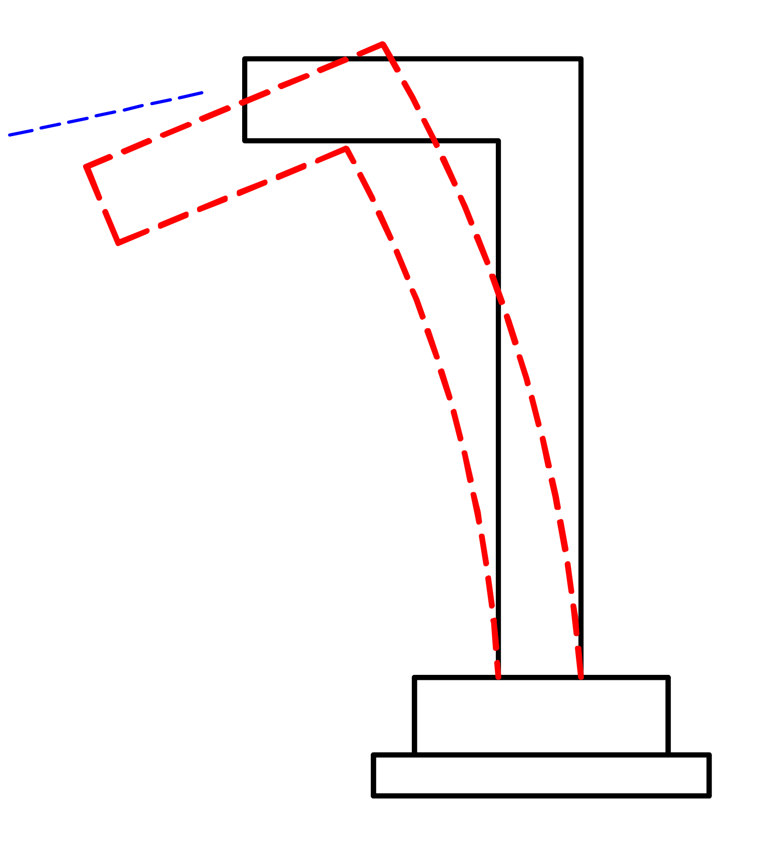


Case (4) Free

يعتبر العمود Free اذا لم يوجد أى شيئ يقاوم حدوث Buckling له .

هذه الكمره لا تمنع حدوث Buckling للعمود لانها ليست متصله بأى عنصر أخر مربوط فى الارض .

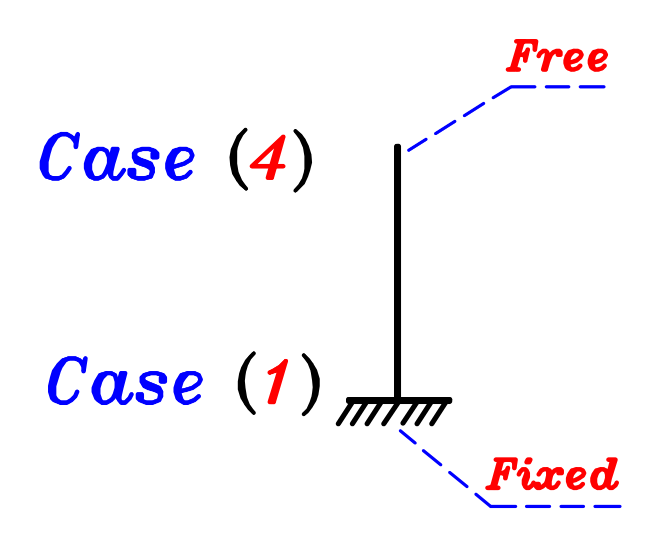
لذا عند حدوث Buckling للعمود ستتحرك مع العمود و لن تقاوم الـ Buckling



لكى يكون العمود Free بالطبع Free من اعلى فقط

Upper End condition

و لكى يكون العمود من اعلى Free يجب ان يكون من الاسفل Fixed حتى يكون stable



Notes.

Case (4)

$K = 2.2$

Case (1)

فى حاله العمود الـ *Free* يكون العمود *Unbraced* فقط
لانه أكيد سيحدث له *sway*

Case (3)

$K = 1.0$

Case (3)

فى حاله العمود الـ *Hinged–Hinged* يكون العمود *Braced* فقط
لانه لن ينفع أن يحدث له *sway* و الا سيكون *unstable*

اذا لم يتم تحديد اذا كان العمود *Braced* or *Unbraced*
ففى الاغلب نعتبره *Unbraced* ليكون *more safe*
و اعتبرنا ان المنشأ لا يوجد به *Shear walls* or *Core*

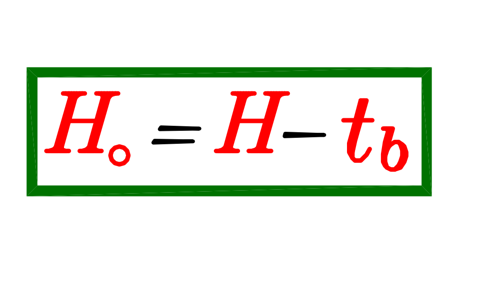


Upper & Lower End Conditions لتحديد قيمه

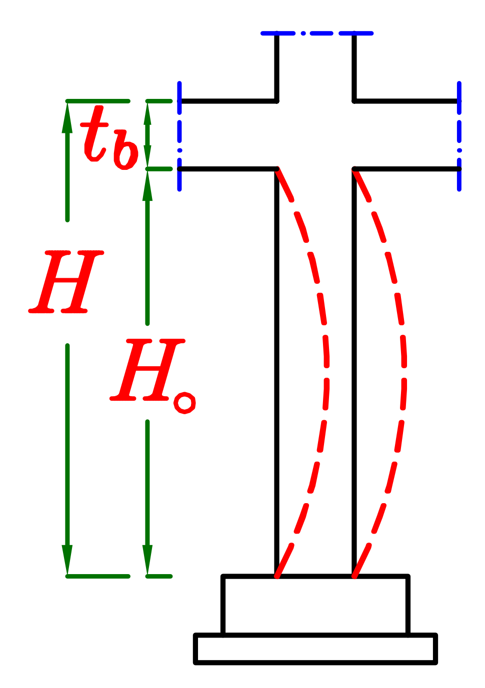
عاده نقارن تخانه الكمره بعرض العمود .

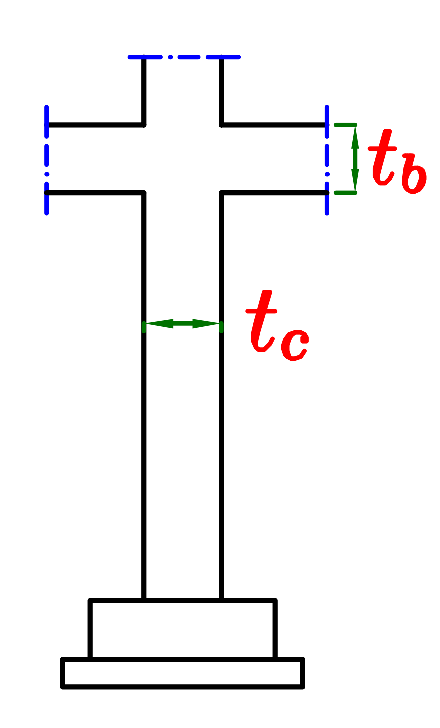
In plane.

نقارن تخانه الكمره الظاهره فى مستوى الورقه
بتخانه العمود الظاهره فى مستوى الورقه ايضا .



$$H_o = H - t_b$$

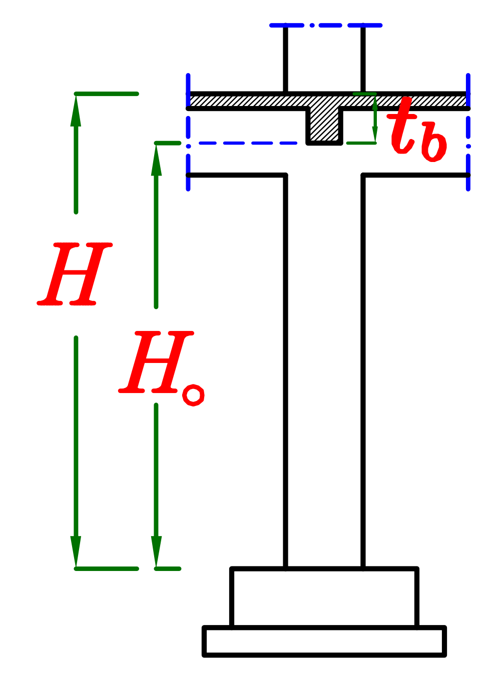


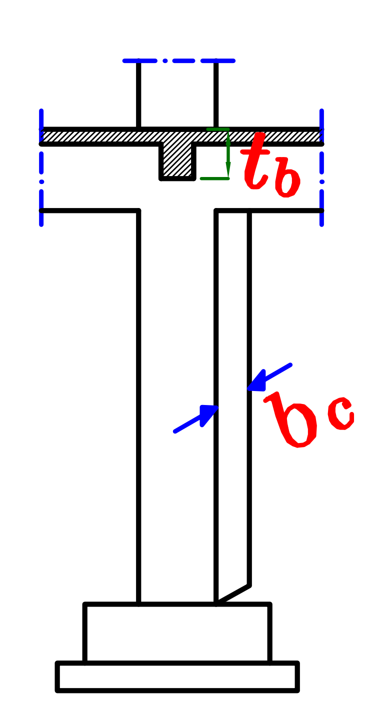


Out of plane.

نقارن تخانه الكمره العموديه على مستوى الورقه (المهشره)
بتخانه العمود الغير ظاهره فى مستوى الورقه .

$$H_o = H - t_b$$

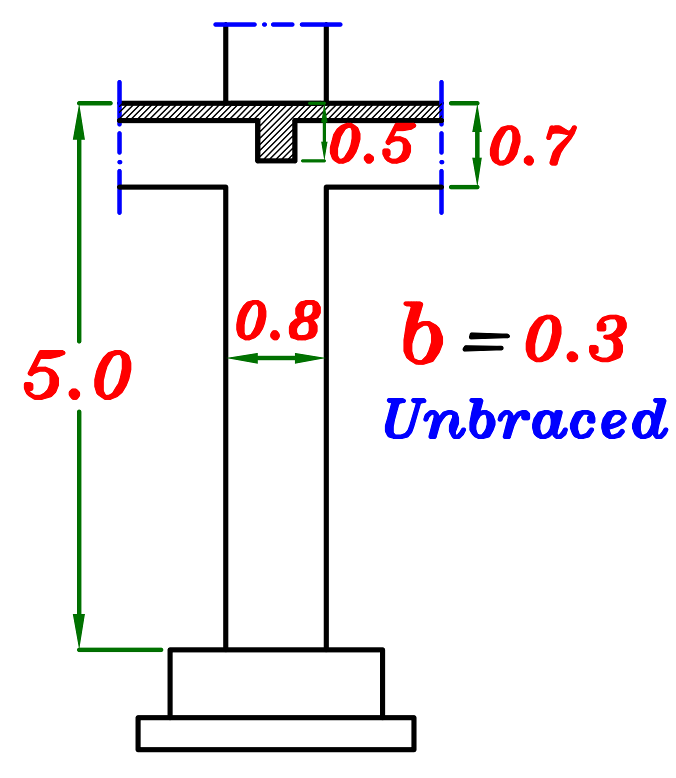




Example.

Calculate $\lambda_{b_{in}}$ & $\lambda_{b_{out}}$

For the given Column



In plane.

$t = 0.80\ m$

$H_o = 5.0 - 0.7 = 4.30\ m$

Upper Case

$t_c = 0.8\ m$ & $t_b = 0.7\ m$ $\therefore t_c > t_b \rightarrow$ Case ②

Lower Case Foundation $\rightarrow$ Case ①

Upper End Conditions	Unbraced Columns		
	Lower End Conditions		
	Case (1)	Case (2)	Case (3)
Case (1)	1.20	1.30	1.60
Case (2)	**1.30**	1.50	1.80
Case (3)	1.60	1.80	——
Case (4)	2.20	——	——

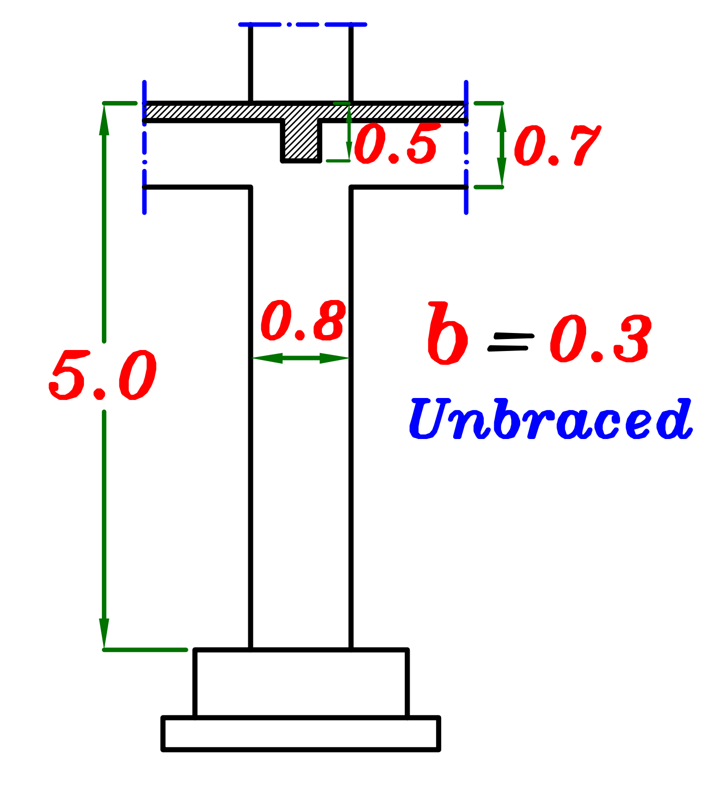
$K = 1.30$

$$\lambda_{b_{in}} = \frac{K * H_o}{t} = \frac{1.3 * 4.3}{0.80} = 6.98$$

Out of plane.

$b = 0.30\ m$

$H_o = 5.0 - 0.5 = 4.50\ m$



Upper Case

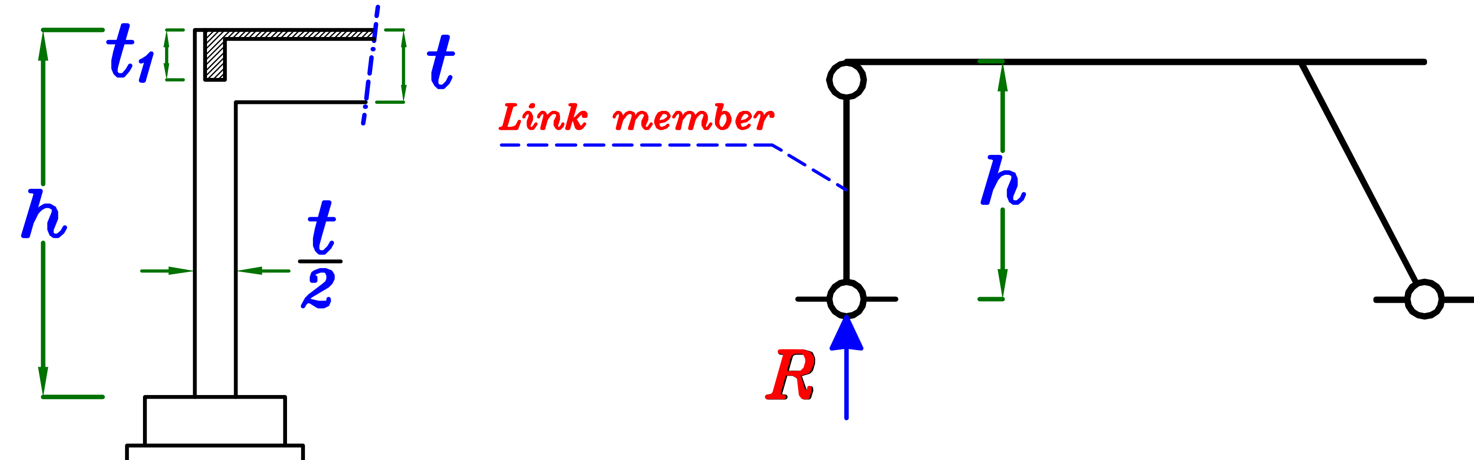
$t_c = 0.3\ m$ & $t_b = 0.5\ m$ $\therefore t_c < t_b \longrightarrow$ Case (1)

Lower Case Foundation $\longrightarrow$ Case (1)

Upper End Conditions	Unbraced Columns		
	Lower End Conditions		
	Case (1)	Case (2)	Case (3)
Case (1)	**1.20**	1.30	1.60
Case (2)	1.30	1.50	1.80
Case (3)	1.60	1.80	——
Case (4)	2.20	——	——

$K = 1.20$

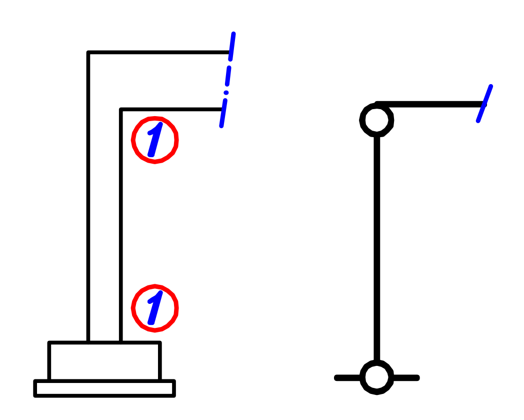
$$\lambda_{b\,out} = \frac{K * H_o}{b} = \frac{1.2 * 4.5}{0.3} = 18.0$$



اذا طلب عمل **Check buckling** للـ **Link member**

فيكون الـ **Normal** عليه يساوى **R**

و يكون العمود **unbraced**

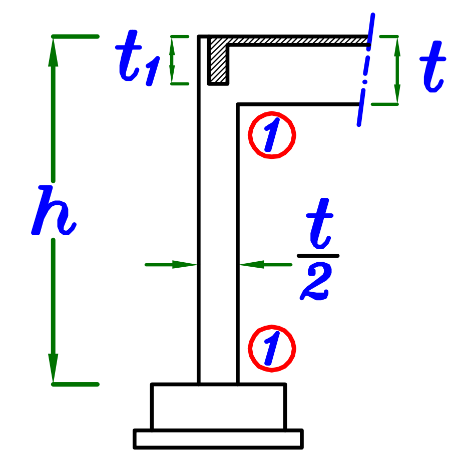


و يكون العمود **Case (1)**

Case (1)

---

(1) In plane.

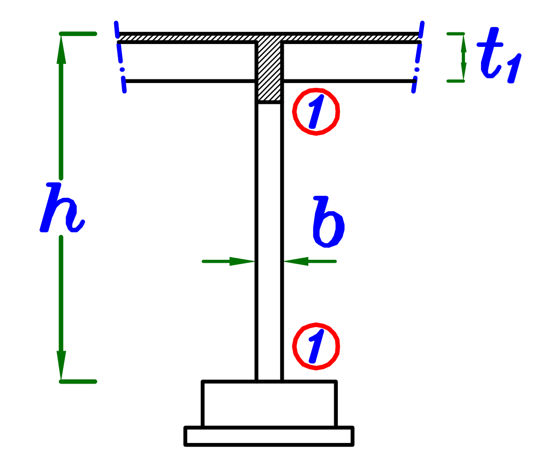


Upper Case (1)
Lower Case (1) } $K = 1.2$

$$H_o = h - t$$

$$\lambda_{b\,in} = \frac{1.2 * H_o}{(t \backslash 2)}$$

(2) Out of plane.



Upper Case (1)
Lower Case (1) } $K = 1.2$

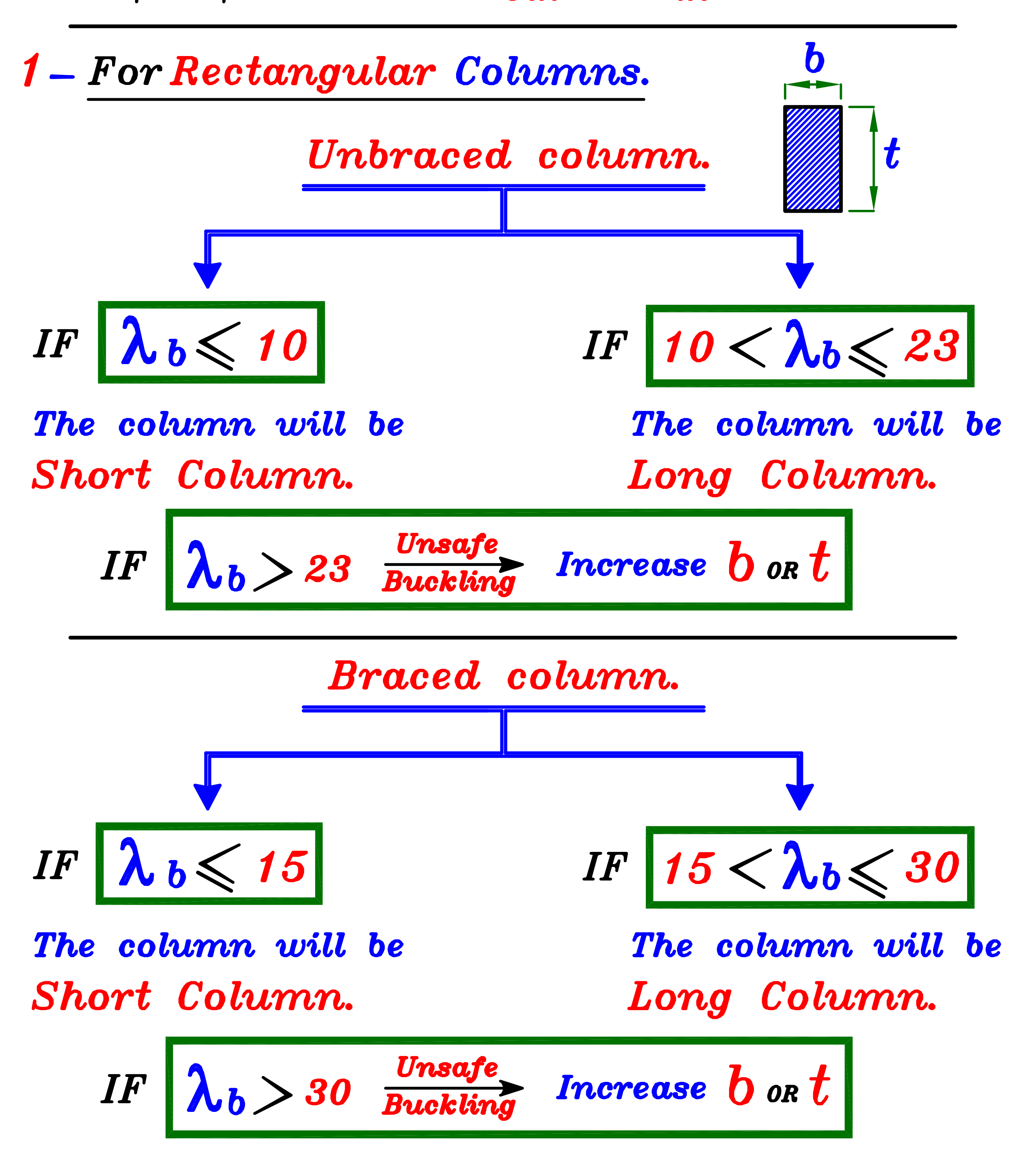
$$H_o = h - t_1$$

$$\lambda_{b\,out} = \frac{1.2 * H_o}{b}$$

To determine IF the Column is Short or Long.

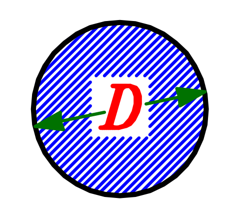
لكي نعرف اذا كان العمود Short or Long فى كل اتجاه على حده

بعد حساب قيمه كلا من $\lambda_{b_{in}}$ و $\lambda_{b_{out}}$ نقارن كلا منهم بالقيم الاتيه



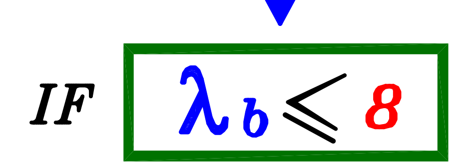
ملحوظه. لا يمكن حدوث Buckling للعمود فى الإتجاهين لذا إذا وجد فى العمود الإتجاهان Long Column نأخذ فقط الإتجاه الذى فيه λ_b أكبر.

2 – For Circular Columns.





Unbraced column.

IF  $\lambda_b \leqslant 8$

The column will be **Short Column.**

IF $8 < \lambda_b \leqslant 18$

The column will be **Long Column.**

IF $\lambda_b > 18$ $\xrightarrow[\text{Buckling}]{\text{Unsafe}}$ Increase D



Braced column.

IF $\lambda_b \leqslant 12$

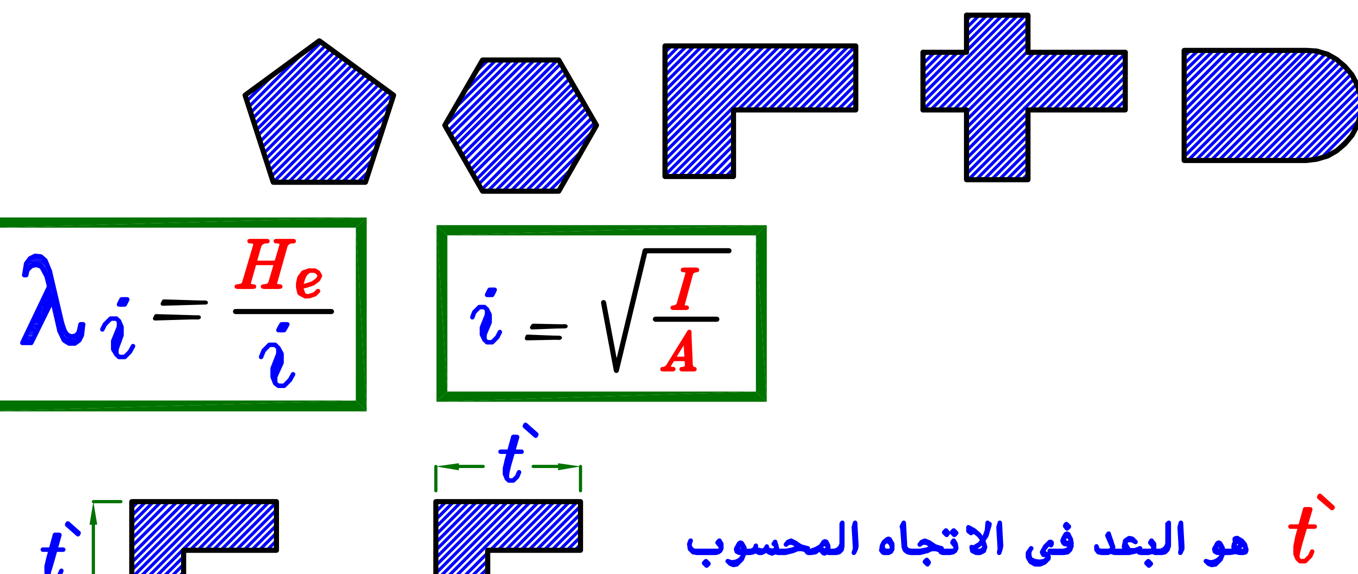
The column will be **Short Column.**

IF $12 < \lambda_b \leqslant 25$

The column will be **Long Column.**

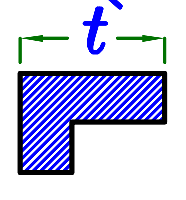
IF $\lambda_b > 25$ $\xrightarrow[\text{Buckling}]{\text{Unsafe}}$ Increase D

3 – For any other Shape.



$$\lambda_i = \frac{H_e}{i}$$

$$i = \sqrt{\frac{I}{A}}$$



t` Out of Plane

هو البعد فى الاتجاه المحسوب $t^{`}$

Unbraced column.

IF $\lambda_i \leqslant 35$

The column will be **Short Column.**

IF $35 < \lambda_i \leqslant 70$

The column will be **Long Column.**

IF $\lambda_i > 70$ $\xrightarrow[\text{Buckling}]{\text{Unsafe}}$ Increase $t^{`}$

Braced column.

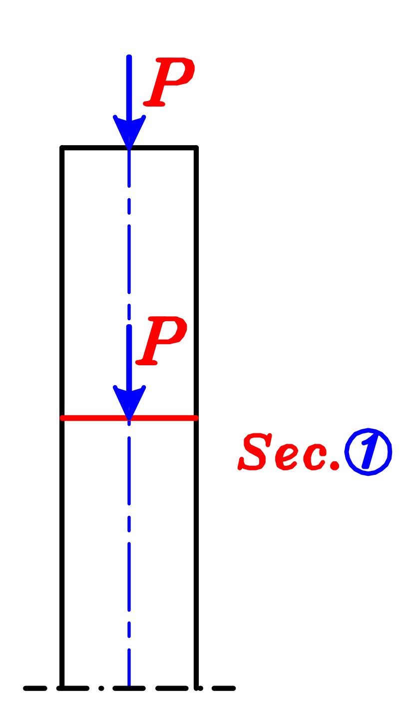
IF $\lambda_i \leqslant 50$

The column will be **Short Column.**

IF $50 < \lambda_i \leqslant 100$

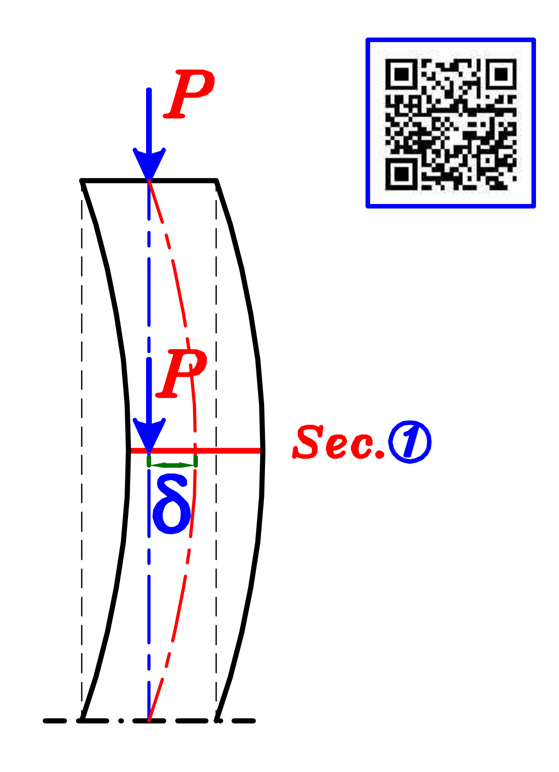
The column will be **Long Column.**

IF $\lambda_i > 100$ $\xrightarrow[\text{Buckling}]{\text{Unsafe}}$ Increase $t^{`}$



Before Buckling

الحمل الرأسى P يؤثر فى منتصف Sec.① تماما
لذا يكون ال moment عنده يساوى Zero



After Buckling

حدثت ازاحه افقيه لـ Sec.① مسافه δ
و الحمل الرأسى P يؤثر فى مكانه
فلا يؤثر الحمل الرأسى P فى منتصف Sec.①
فيتولد عند Sec.① عزم نسميه $M_{add.}$

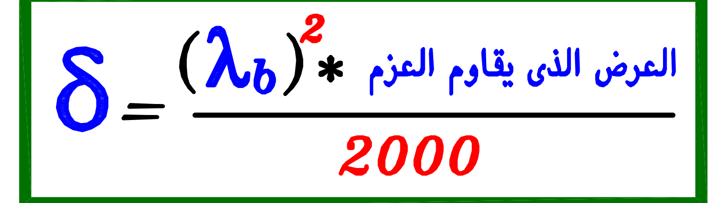
$$M_{add.} = P * \delta$$

$M_{add.}$ هو أكبر عزم ينتج نتيجه ال Buckling و يكون مكانه عند أكبر δ

P هو الحمل الرأسى المؤثر على العمود .

δ هى أكبر ازاحه أفقيه تحدث للعمود نتيجه ال Buckling
و مكانها يتغير حسب نوع العمود .

و تحسب من القانون الاتى

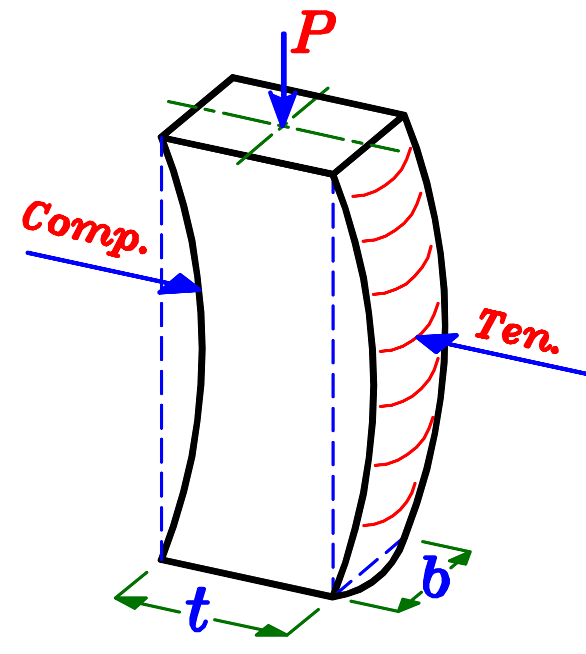


$$\delta = \frac{(\lambda_b)^2 * \text{العرض الذى يقاوم العزم}}{2000}$$

$M_{add.}$ at In Plane Direction.

اذا كان العمود Long فى اتجاه In plane

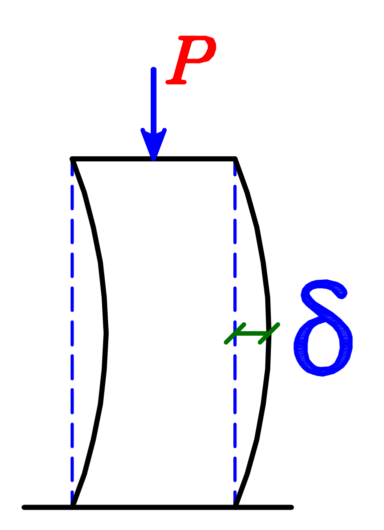
$$\delta = \frac{(\lambda_{b\,in})^2 * t\,(m)}{2000} \quad (m)$$



δ هى أكبر ازاحه أفقيه تحدث للعمود
نتيجه الـ Buckling
و مكانها يتغير حسب نوع العمود .

t هو العرض الموازى لل $M_{add.}$ بالمتر .
و هى تخانه العمود الظاهره فى مستوى الورقه .

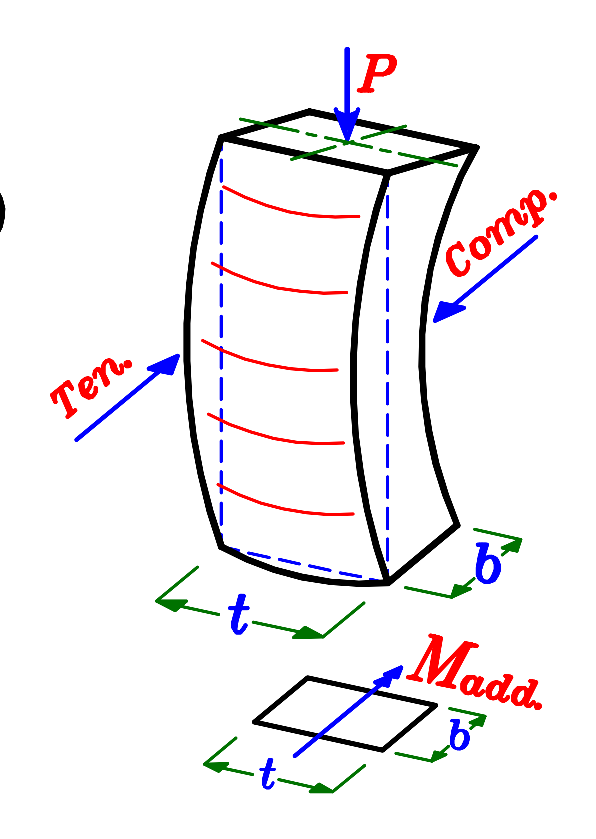
$$M_{add.} = P\,(kN) * \delta\,(m) \quad (kN.m)$$



$M_{add.}$ هو أكبر عزم ينتج نتيجه الـ Buckling
و يكون مكانه عند أكبر δ

$M_{add.}$ at Out of Plane Direction.

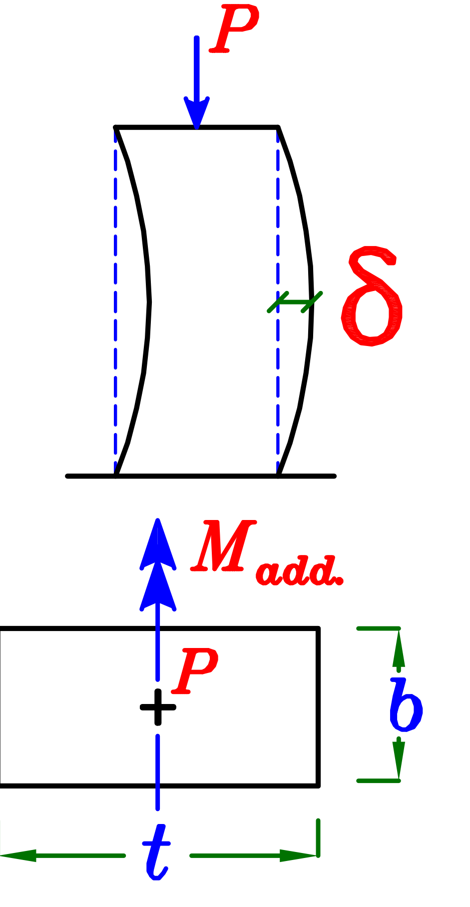
اذا كان العمود Long فى اتجاه Out of plane



$$\delta = \frac{(\lambda_{b\,out})^2 * b(m)}{2000} \quad (m)$$

δ هى أكبر ازاحه أفقيه تحدث للعمود
نتيجه الـ Buckling
و مكانها يتغير حسب نوع العمود .

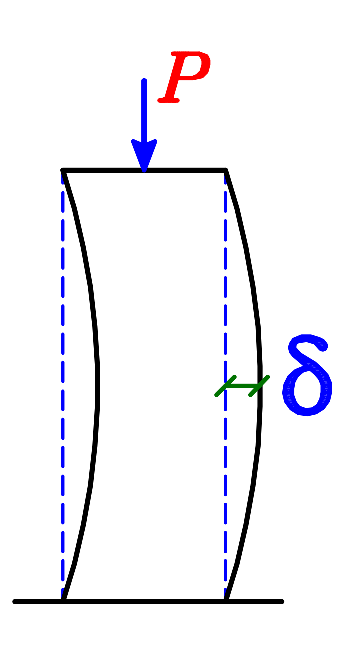
b هو العرض الموازى للـ $M_{add.}$ بالمتر .
و هى تخانه العمود الغير ظاهره فى مستوى الورقه .



$$M_{add.} = P_{(kN)} * \delta\ (m) \quad (kN.m)$$

$M_{add.}$ هو أكبر عزم ينتج نتيجه الـ Buckling
و يكون مكانه عند أكبر δ

For Circular Columns.



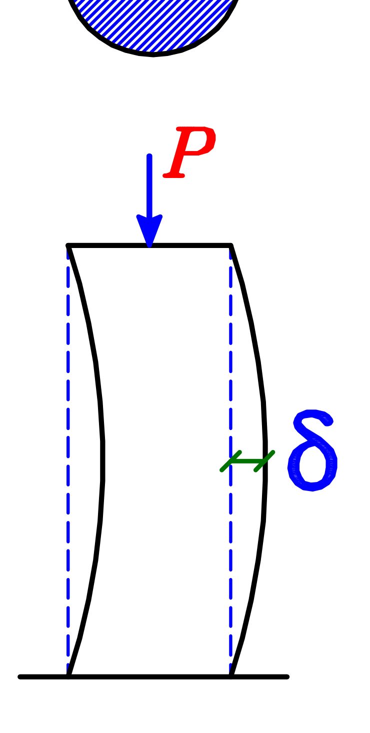
$$\delta = \frac{(\lambda_b)^2 * D\ (m)}{2000} \quad (m)$$

$$M_{add.} = P_{(kN)} * \delta\ (m) \quad (kN.m)$$

For Any other shape.

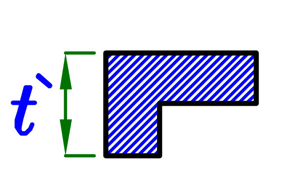
$$\lambda_i = \frac{He}{i}$$

$$i = \sqrt{\frac{I}{A}}$$

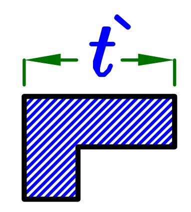


$$\delta = \frac{(\lambda_i)^2 * t`\ (m)}{30000} \quad (m)$$

t` هو البعد فى الاتجاه المحسوب



Out of Plane



In Plane

$$M_{add.} = P_{(kN)} * \delta\ (m) \quad (kN.m)$$

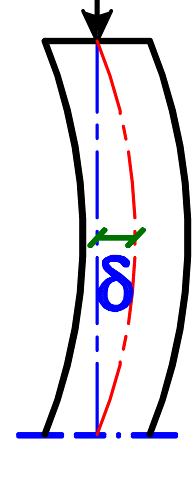
Position of $M_{add.}$



$M_{add.}$ هو أكبر عزم ينتج نتيجه ال Buckling و يكون مكانه عند أكبر δ

اذا مكان ال $M_{add.}$ عند ال Sec. الذى عنده اكبر δ أى عند أكبر ازاحه افقيه .

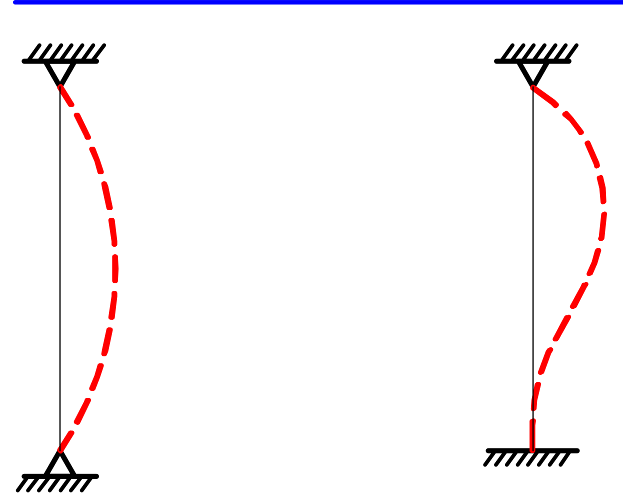
Braced Columns.

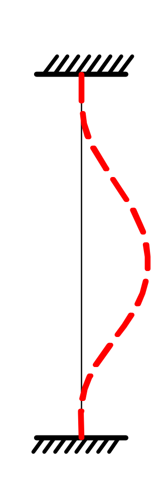


لا يحدث sway للعمود فتكون أكبر δ قريبه من منتصف العمود .

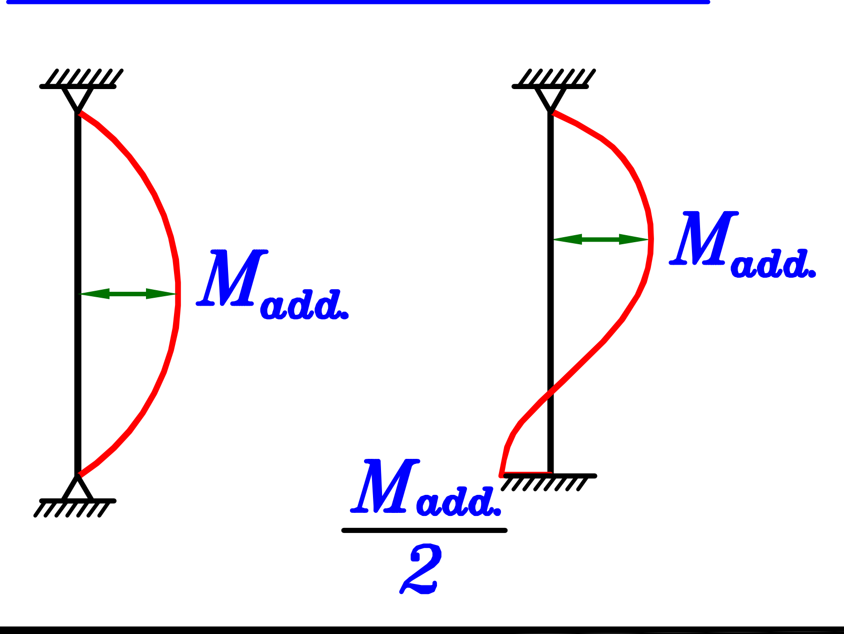
فيكون مكان ال $M_{add.}$ قريب من منتصف العمود .

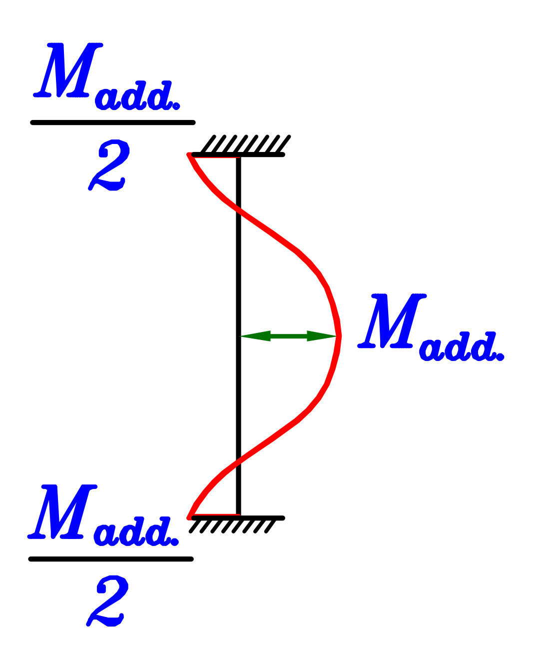






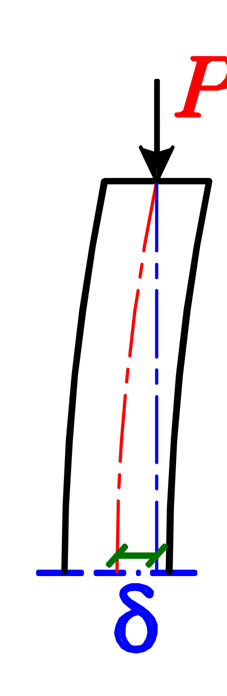
$M_{add.}$ due to Buckling.

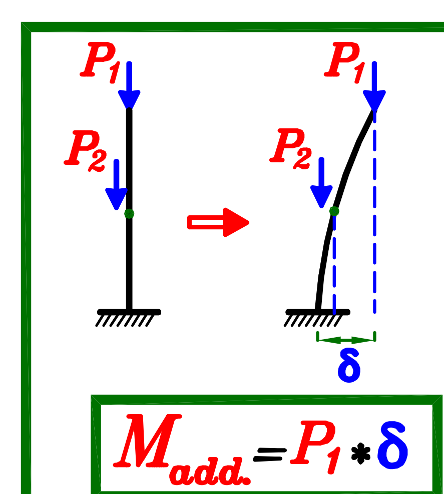




Unbraced Columns.

يحدث **sway** للعمود فتكون أكبر مسافه δ بعيده عن الحمل **P**
موجوده عند الـ **Fixation**



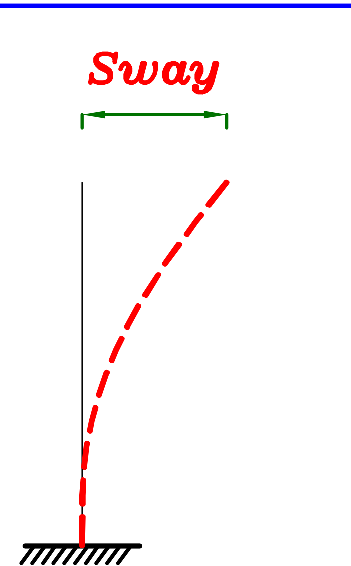


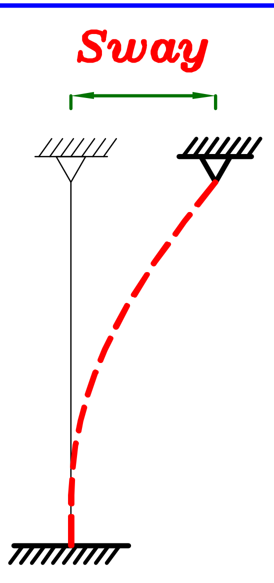
ملحوظه هامه

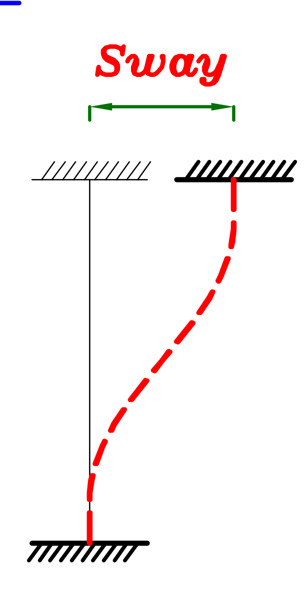
اذا كان العمود **unbraced**
و يؤثر عليه اكثر من **Load**
يتم اخذ تأثير الـ **buckling**
من الحمل الاعلى فقط

$$M_{add.} = P_1 * \delta$$

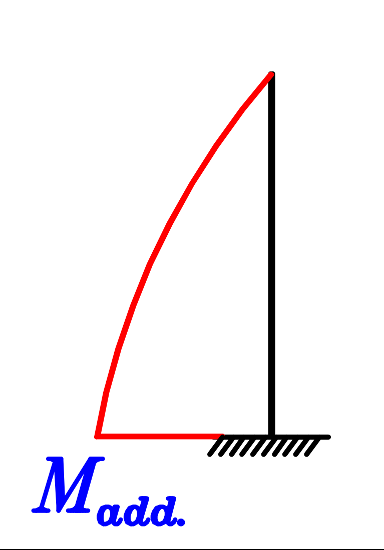
Deformed Shape For Columns in Buckling.

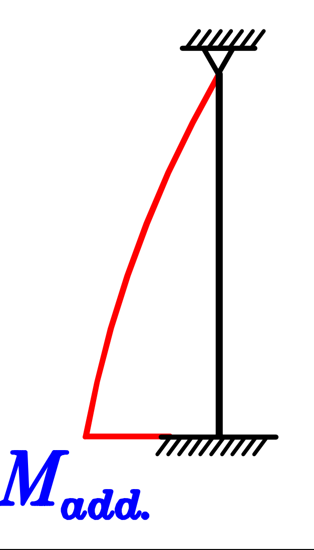


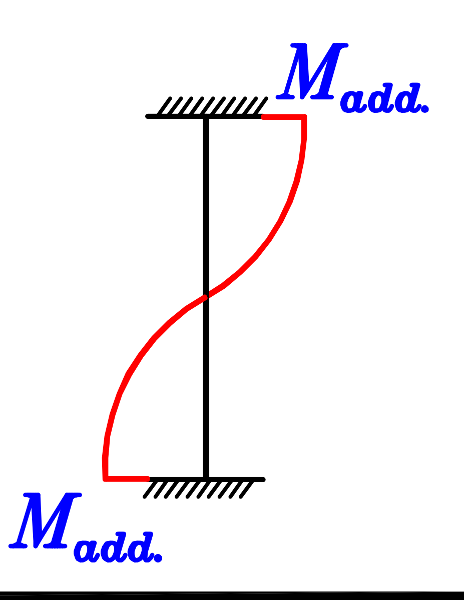


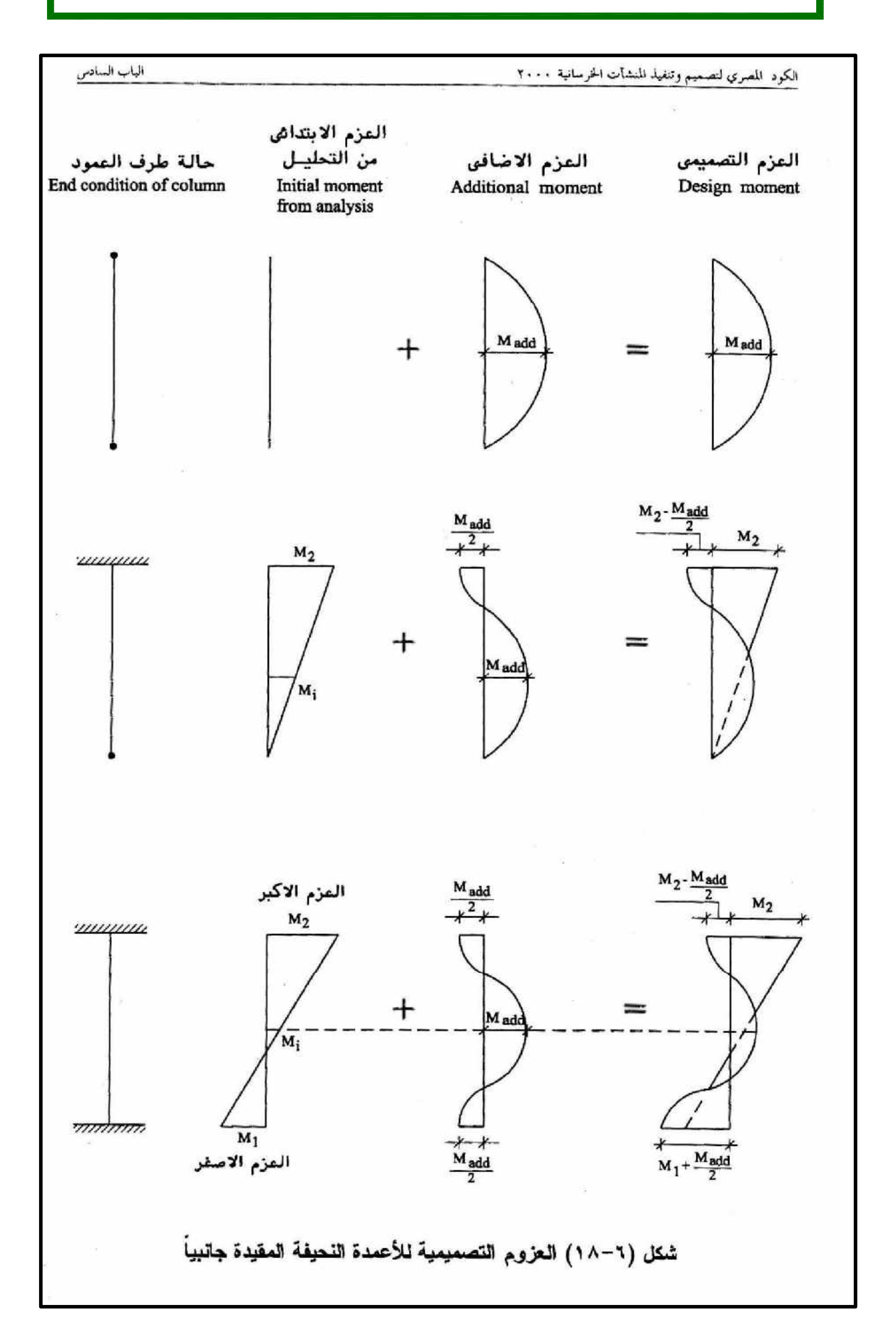


$M_{add.}$ due to Buckling.





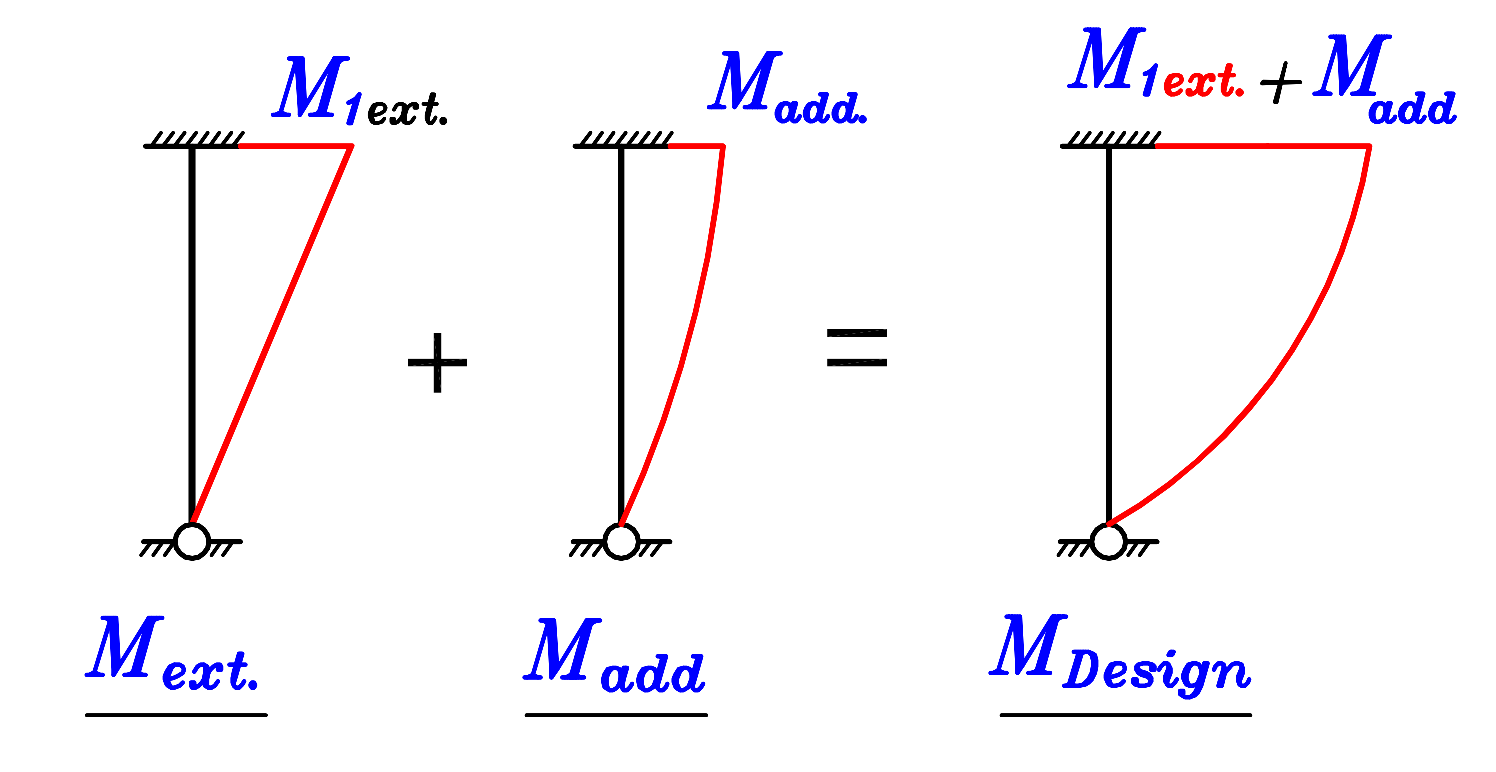




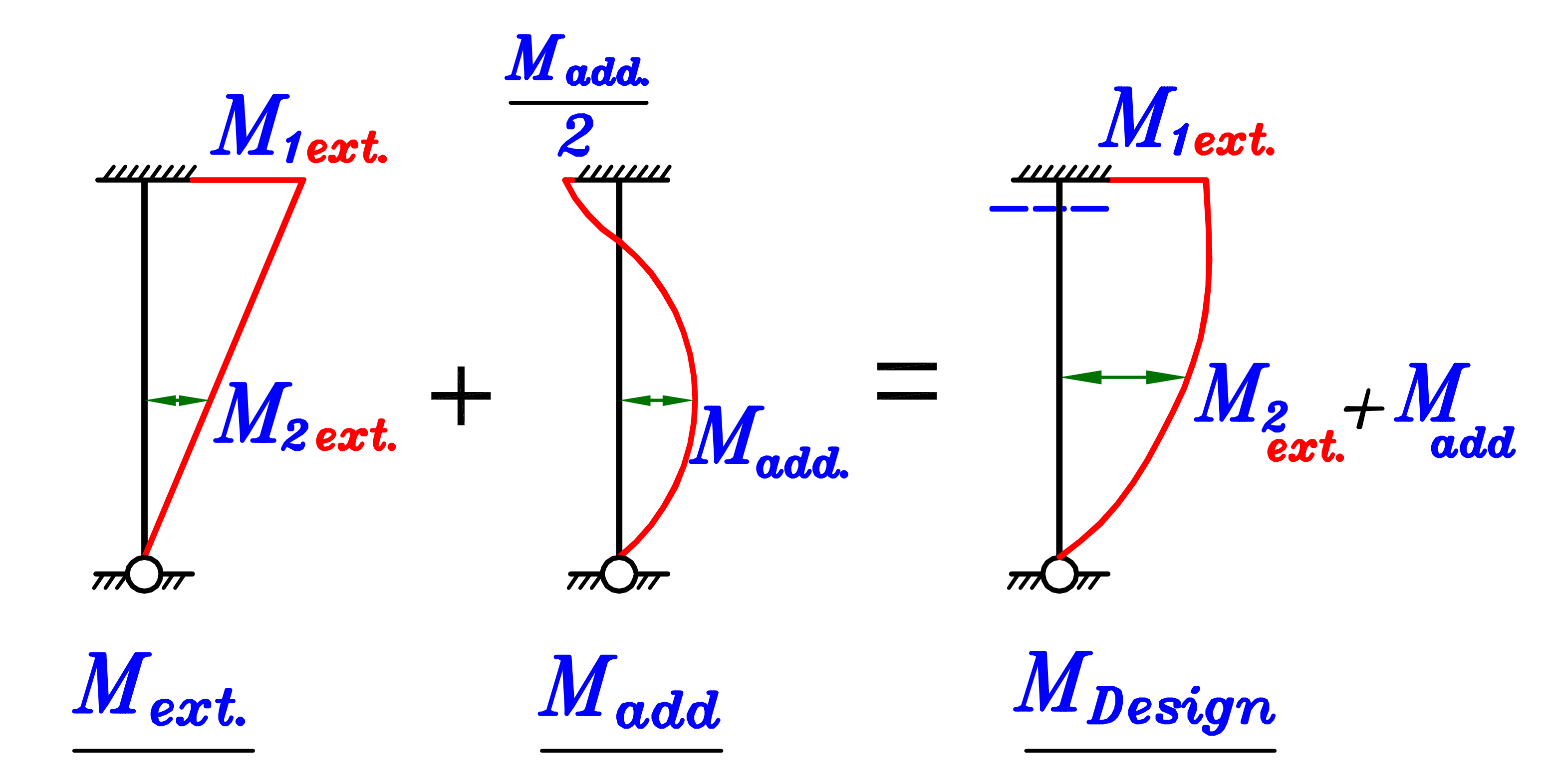
شكل (٦-١٨) العزوم التصميمية للأعمدة النحيفة المقيدة جانبياً

Design Moment.

UnBraced.



Braced.



UnBraced.

$M_{1\,ext.}$ + $M_{add.}$ = $M_{1\,ext.} + M_{add}$

$M_{2\,ext.}$ $M_{add.}$ $M_{2\,ext.} + M_{add.}$

$M_{ext.}$ M_{add} M_{Design}

Braced.

$M_{1\,ext.}$ $\frac{M_{add.}}{2}$ $M_{1\,ext.}$

$M_{3\,ext.}$ + $M_{add.}$ = $M_{3\,ext.} + M_{add}$

$M_{2\,ext.}$ $\frac{M_{add.}}{2}$ $M_{2\,ext.} + \frac{M_{add.}}{2}$

$M_{ext.}$ M_{add} M_{Design}

RFT. of columns.

$$A_{s_{min}} = \frac{0.8}{100} * A_c$$ → Short Column.

$$A_{s_{min}} = \mu_{min} * A_c$$
$$\mu_{min} = \frac{0.25 + 0.052\,\lambda_{max}}{100}$$ → Long Column.

$\mu_{max} =$ 4 % Interior col.
5 % Edge col.
6 % Corner col.

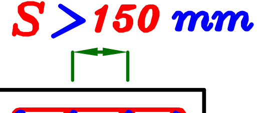
→ Short Column. & Long Column.

$min\,\phi = \phi\ 12$
$max\,\phi = \phi\ 25$

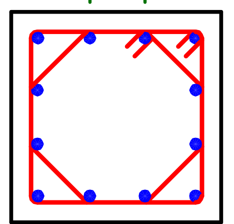
- أقل قطر للسيخ = ١٢ مم
- أكبر قطر للسيخ = ٢٥ مم

$S \ngtr 250\ mm$
$S \nless 70\ mm$

- أكبر مسافه بين سيخين متتاليين = ٢٥٠ مم
- أقل مسافه بين سيخين متتاليين = ٧٠ مم
- ممكن استخدام قطرين مختليفين فى العمود بشرط أن يكونا متتاليان فى الجدول 12,16,18,20,22,25



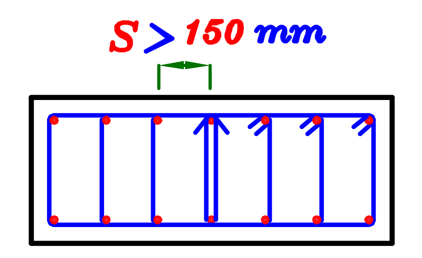
$S > 150\ mm$



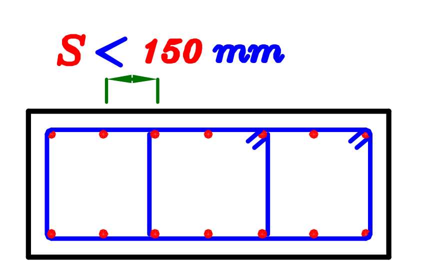
الكانات

يجب أن لا تزيد المسافه بين كل فرع كانه و أخر عن ٣٠٠ مم
أى أنه يجب ربط كل سيخين متتاليين بكانه
اذا كانت المسافه بينهم أكبر من ١٥٠ مم

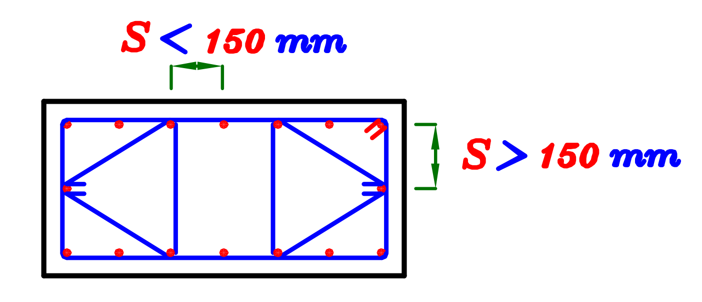
$S > 150\ mm$



$S < 150\ mm$



$S < 150\ mm$



$S > 150\ mm$

IF Column's Dimensions are not given.

لو لم تكن أبعاد العمود معطاه فى المسأله

ممكن فرضها كأن العمود لا يؤثر عليه Buckling :

1– IF the column subjected to $P_{U.L.}$ only.

Get dimensions From $P_{U.L.} = 0.35\, A_c\, F_{cu} + 0.67 \left(\frac{A_c}{100}\right) F_y$

Take $\mu = \frac{A_s}{A_c} = 1.0\ \% \longrightarrow A_s = \frac{A_c}{100}$

$$P_{U.L.} = 0.35\, A_c\, F_{cu} + 0.67 \left(\frac{A_c}{100}\right) F_y \longrightarrow \text{Get } A_c = \checkmark\ mm^2$$

يفضل فرض الابعاد مربعة للتسهيل

2– IF the column subjected to $P_{U.L.}$ & $M_{ext.}$

Assume $b = \checkmark$

– Get $d_1 = C_1 \sqrt{\frac{M_{U.L.}}{F_{cu}\, b}}$ take $C_1 = 3.5$ $\boxed{t_1 = d_1 + cover}$

Get $t_2 \longrightarrow P_{U.L.} = 0.35\,(b\, t_2)\, F_{cu} + 0.67\, \frac{(b\, t_2)}{100}\, F_y$

– t_o = The bigger value of t_1 & t_2

– $\boxed{t = (1.1 \rightarrow 1.3)\, t_o}$

General Examples on Long Columns.

Steps of design For Columns. (P_U , $M_{ext.}$) Given

1- Determine, IF the column is braced or unbraced.

2- Determine, the end conditions at top and bottom of the column. (i.e. Fixed , partially Fixed , hinged or Free) to get the Factor (K).

3- Get the clear height of the column (H_o) From the elevation of the column. and then calculate the effective height $= K * H_o$

4- Calculate the slenderness ratio (λ_b) For the two directions (In plane & Out of plane) To get, IF the Column is short or Long.

5- For short column, $M_{add.} = Zero$

and Designed under P_U & $M_{ext.}$

6- For Long column, calculate $M_{add.}$

* IF $M_{ext.}$ & $M_{add.}$ at the same direction.

$\therefore$ $M_{des.} = M_{ext.} + M_{add.}$

Design the Column under P_U & $M_{des.}$

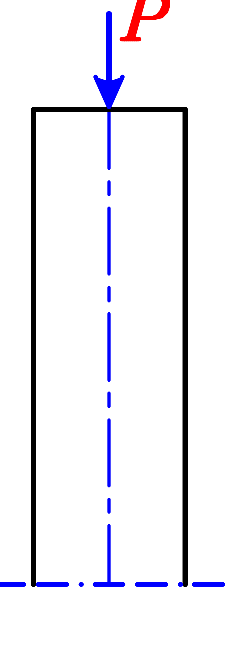
* IF $M_{ext.}$ & $M_{add.}$ are perpendicular to each other

$\therefore$ Design the Column under double moment P_U , $M_{ext.}$ & $M_{add.}$

7- Check the code requirements For concrete dimensions and steel bars.

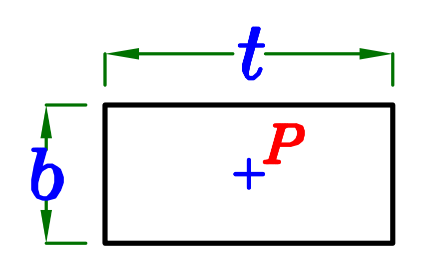
Example.





Design the column.

$M_{ext} = Zero$ لاحظ انه لا يوجد عزم خارجى على العمود



١- نحسب straining actions على قطاع العمود

٢- نعمل check buckling للعمود أى نحسب $\lambda_{b_{in}}$ & $\lambda_{b_{out}}$

٣- نقارن $\lambda_{b_{in}}$ & $\lambda_{b_{out}}$ بـ 10 , 23 للعمود الـ unbraced

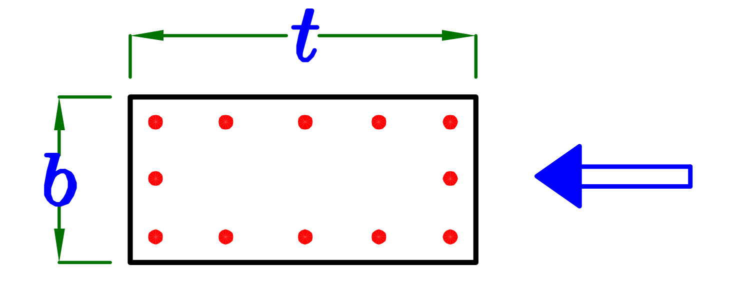
15 , 30 للعمود الـ braced

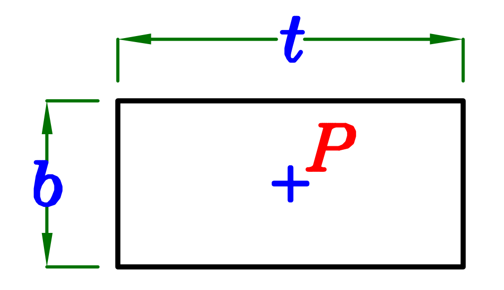
فتكون حاله من الحالات التاليه :

① IF $\lambda_{b_{in}} < 10$, $\lambda_{b_{out}} < 10$

اى ان العمود short فى الاتجاهين اى لا يوجد M_{add} فى اى اتجاه

فيتم تصميم العمود على P فقط



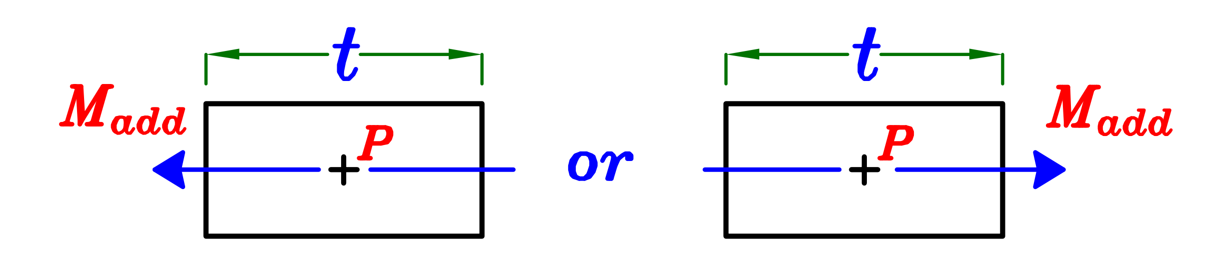


② IF $10 < \lambda_{b_{in}} < 23$, $\lambda_{b_{out}} < 10$

اى ان العمود short فى اتجاه out of plane

و العمود long فى اتجاه in plane

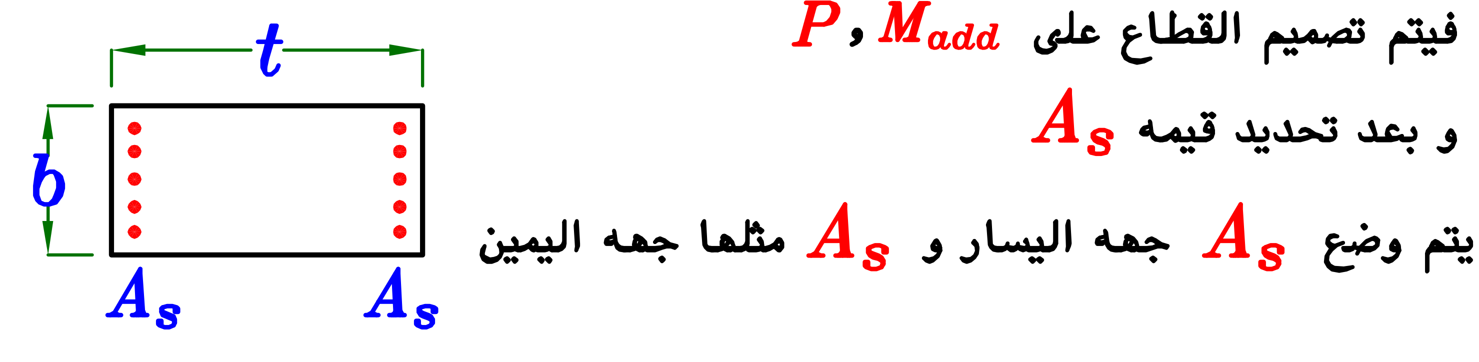
أى يوجد M_{add} موازى لـ (t) و لكن غير معروف فى اى اتجاه (يمين أم يسار).



فيتم تصميم القطاع على P , M_{add}

و بعد تحديد قيمة A_s

يتم وضع A_s جهه اليسار و A_s مثلها جهه اليمين

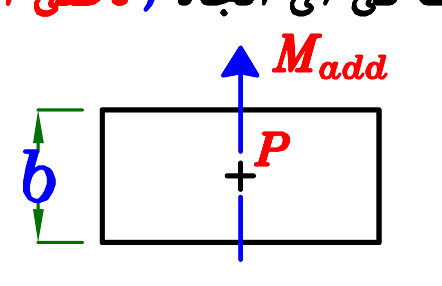


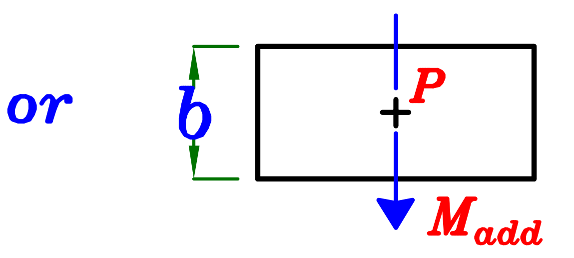
③ IF $\lambda_{b_{in}} < 10$, $10 < \lambda_{b_{out}} < 23$

اى ان العمود short فى اتجاه in plane

و العمود long فى اتجاه out of plane

أى يوجد M_{add} موازى لـ (b) و لكن غير معروف فى اى اتجاه (لاعلى أم لاسفل).

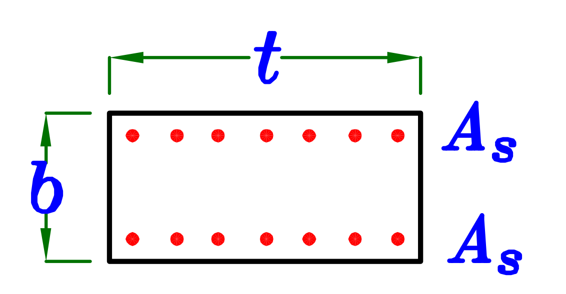




فيتم تصميم القطاع على P , M_{add}

و بعد تحديد قيمة A_s

يتم وضع A_s أعلى و A_s مثلها لاسفل



④ IF $10 < \lambda_{b_{in}} < 23$, $10 < \lambda_{b_{out}} < 23$

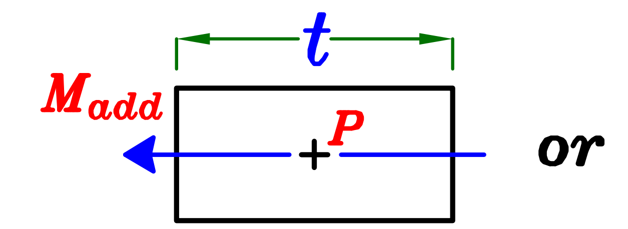
اى ان العمود *long* فى الاتجاهين

لكن لا يمكن حدوث *buckling* فى الاتجاهين

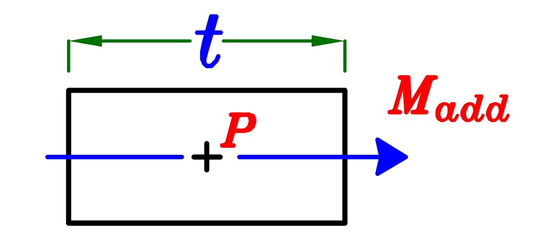
لذا يحدث فى الاتجاه الاضعف فقط أى جهه λ_b الاكبر

مثلا $\lambda_{b_{in}} > \lambda_{b_{out}}$

أى يوجد M_{add} موازى لـ (t) و لكن غير معروف فى اى اتجاه (يمين أم يسار).



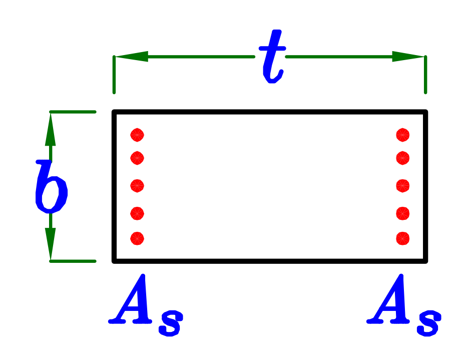
or



فيتم تصميم القطاع على N, M_{add}

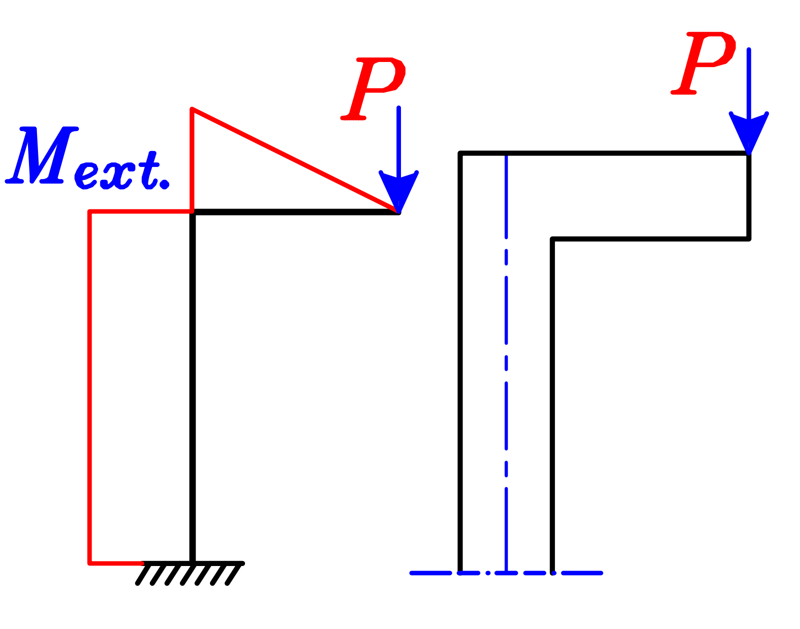
و بعد تحديد قيمه A_s

يتم وضع A_s جهه اليسار و A_s مثلها جهه اليمين



Example.

Design the column.



١- نحسب *straining actions* على قطاع العمود

عند وجود عزم خارجى على العمود M_{ext} يكون اتجاهه محدد

فيكون دائما العرض الكبير للقطاع (t) موازى لل M_{ext}

٢- نعمل *check buckling* للعمود أى نحسب $\lambda_{b_{in}}$ & $\lambda_{b_{out}}$

٣- نقارن $\lambda_{b_{in}}$ & $\lambda_{b_{out}}$ ب 10 , 23 للعمود ال *unbraced*

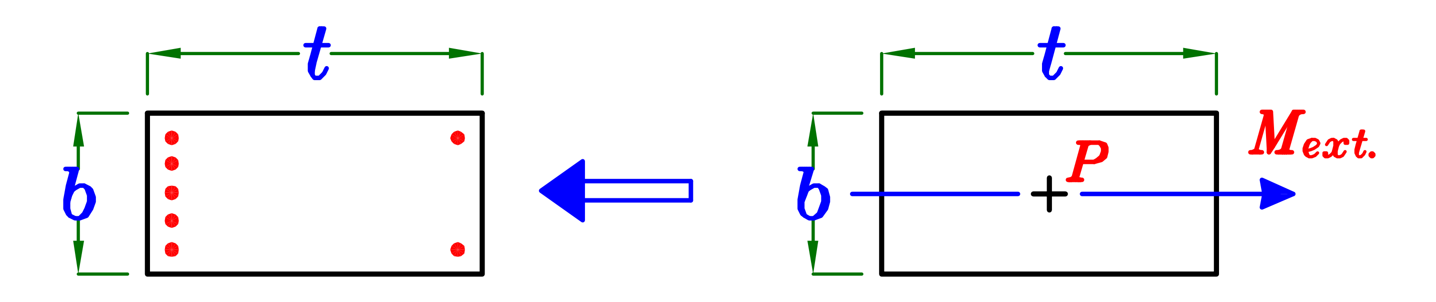
15 , 30 للعمود ال *braced*

فتكون حاله من الحالات التاليه :

① IF $\lambda_{b_{in}} < 10$, $\lambda_{b_{out}} < 10$

اى ان العمود *short* فى الاتجاهين اى لا يوجد M_{add} فى اى اتجاه

فيتم تصميم العمود على $N, M_{ext.}$ فقط



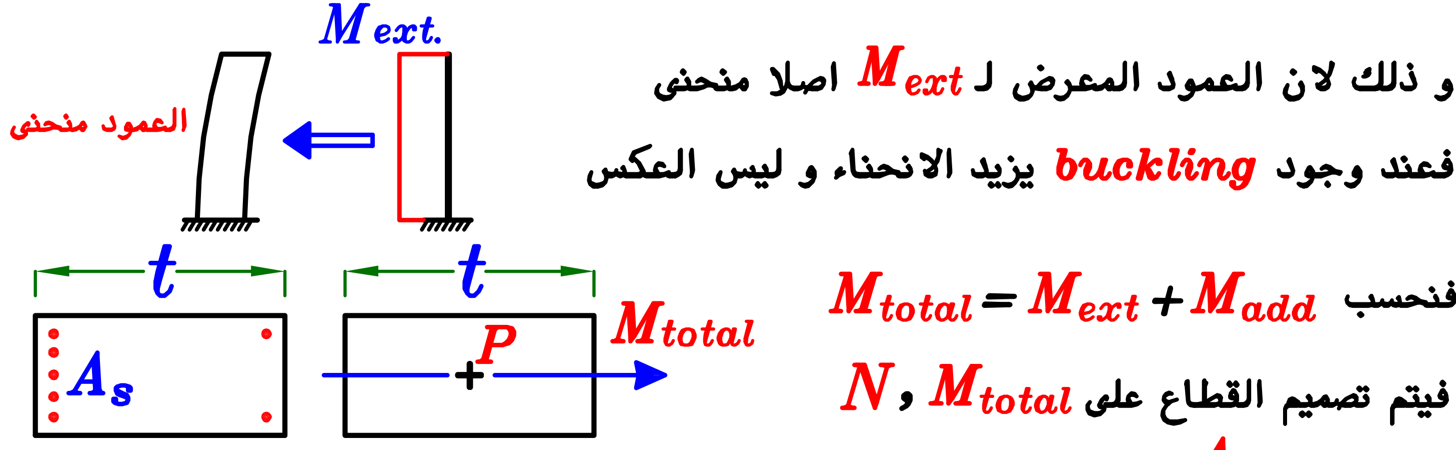
② IF $10 < \lambda_{b_{in}} < 23$, $\lambda_{b_{out}} < 10$

اى ان العمود *short* فى اتجاه *out of plane*

و العمود *long* فى اتجاه *in plane*

أى يوجد M_{add} موازى لـ (t) اى انه موازى للـ M_{ext}

اذا كان M_{add} موازى لـ M_{ext} يجب أن يكون فى نفس الاتجاه و ليس العكس



و ذلك لان العمود المعرض لـ M_{ext} اصلا منحنى

فعند وجود *buckling* يزيد الانحناء و ليس العكس

فنحسب $M_{total} = M_{ext} + M_{add}$

فيتم تصميم القطاع على N , M_{total}

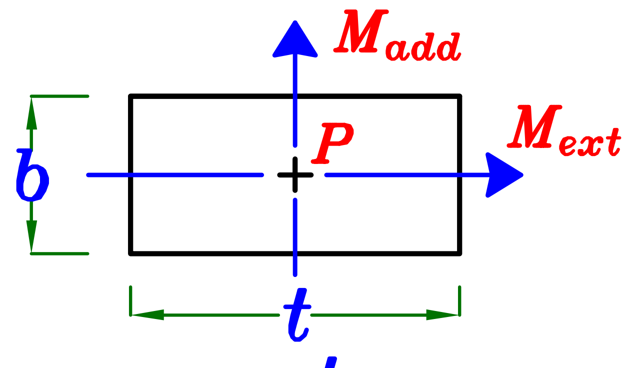
و يتم وضع A_s جهه الشد فقط

---

③ IF $\lambda_{b_{in}} < 10$, $10 < \lambda_{b_{out}} < 23$

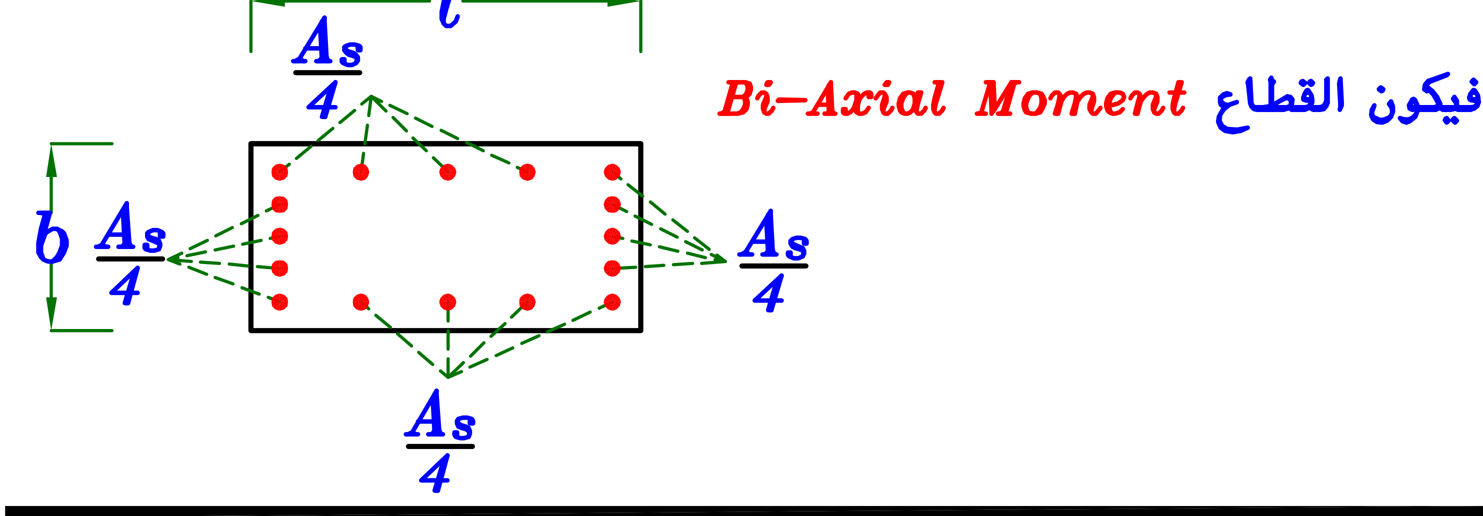
اى ان العمود *short* فى اتجاه *in plane* و *long* فى اتجاه *out of plane*

أى يوجد M_{add} موازى لـ (b)



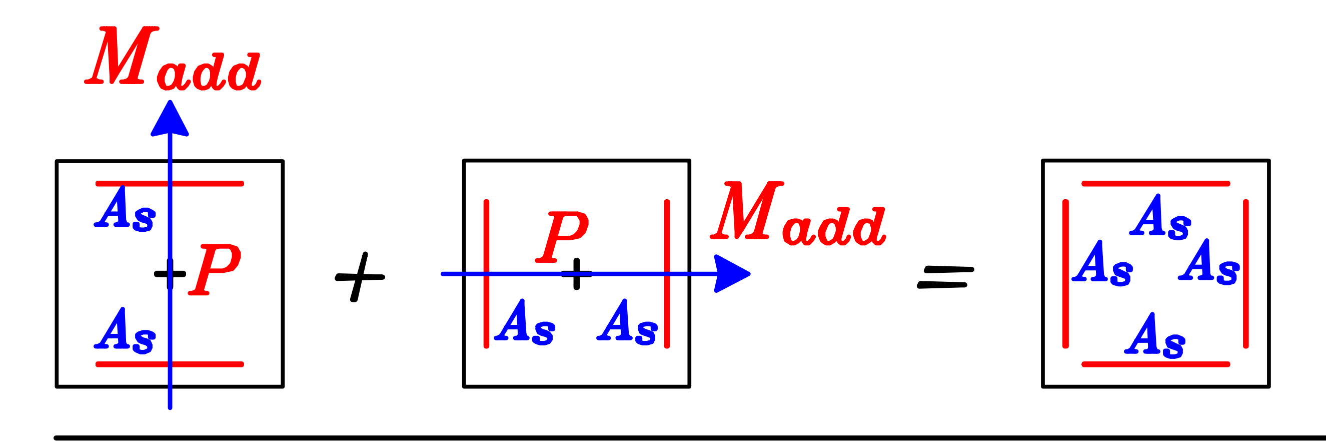
فيكون M_{ext} موازى لـ (t)

فيكون M_{add} موازى لـ (b)

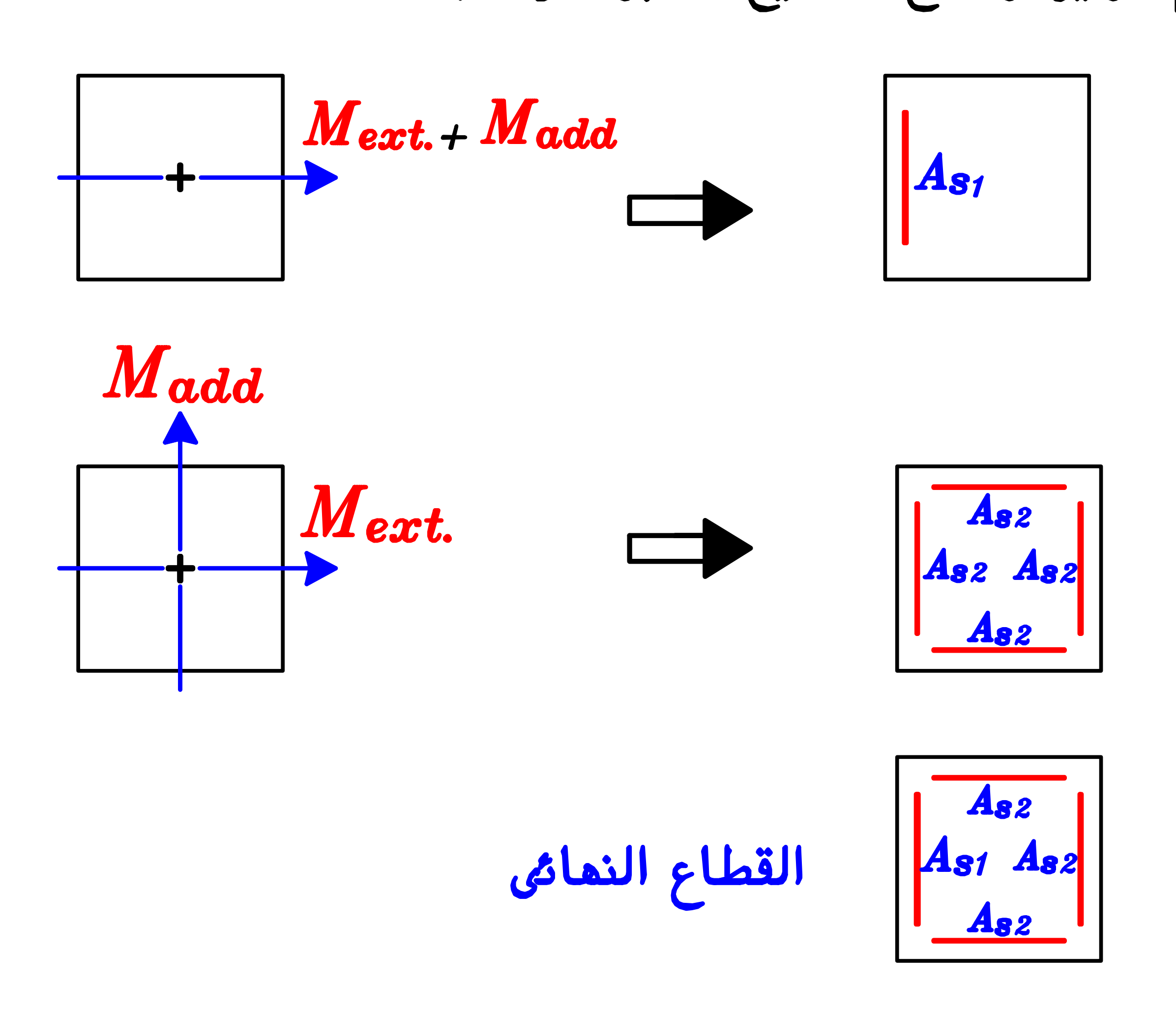


فيكون القطاع *Bi-Axial Moment*

اذا كانت قيمتى $\lambda_{b\,in}$ و $\lambda_{b\,out}$ متساويتين تماما .
و كان العمود Long و لا يوجد $M_{ext.}$
يتم التصميم على اى منهما على ان نضع تسليح مساوى له فى الاتجاه الاخر .



اذا كانت قيمتى $\lambda_{b\,in}$ و $\lambda_{b\,out}$ متساويتين تماما .
و كان العمود Long و يوجد $M_{ext.}$
يتم التصميم مرتين و نضع التسليح الاكبر لكل اتجاه .

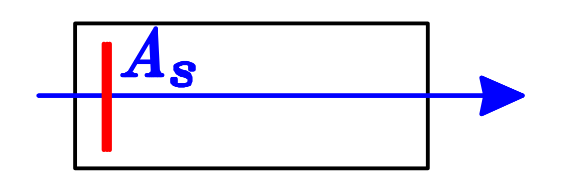


فى الاعمده ال *Long Columns* تكون قيمه $A_{s\,min}$

$$A_{s\,min} = \frac{0.25 + 0.052\,\lambda_{max}}{100} * b * t$$

و تقارن قيمه $A_{s\,min}$ بقيمه الحديد الذى يقاوم ال *moment*

فاذا كان العمود عليه M, P و كان *big eccentricity*

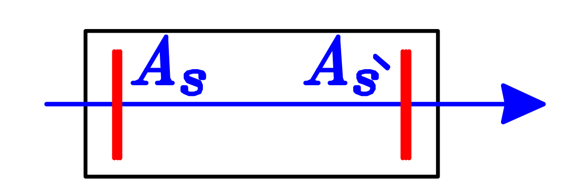


فستقارن $A_{s\,min}$

بقيمه A_s التى جهه ال *moment*

و نضع فى العمود القيمه الاكبر منهما .

فاذا كان العمود عليه M, P و كان *small eccentricity*

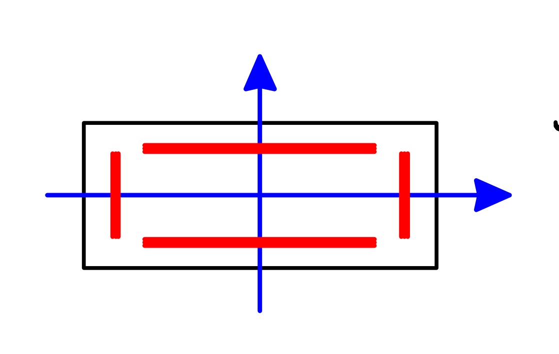


فستقارن $A_{s\,min}$ بمجموع كلا من $A_s + A_s`$

و اذا كانت قيمه $A_{s\,min}$ اكبر

نضع قيمه $\frac{A_{s\,min}}{2}$ مكان كلا من A_s , $A_s`$

و اذا كان قطاع العمود *Biaxial*



فستقارن $A_{s\,min}$ بمجموع الحديد الكلى الموجود

و اذا كانت قيمه $A_{s\,min}$ اكبر

نضع قيمه $\frac{A_{s\,min}}{4}$ فى كل جنب

Example.

Data.

$F_{cu} = 25 \ N\backslash mm^2$

$F_y = 360 \ N\backslash mm^2$

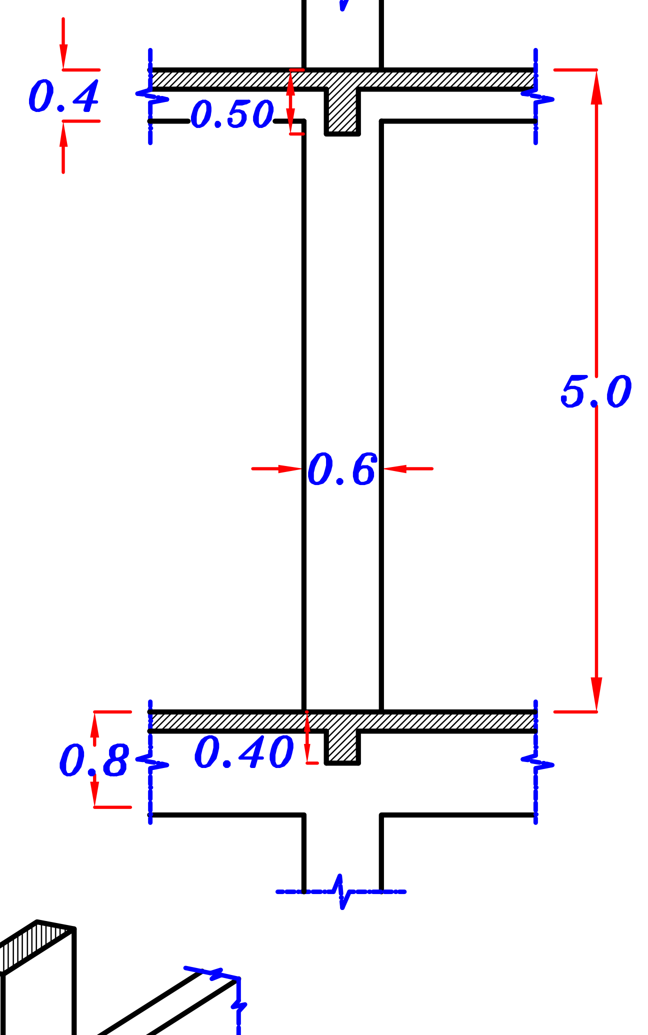
$P_{U.L.} = 1800 \ kN$

$b = 0.25 \ m$

Floor Height = 5.0 m

Unbraced Col.

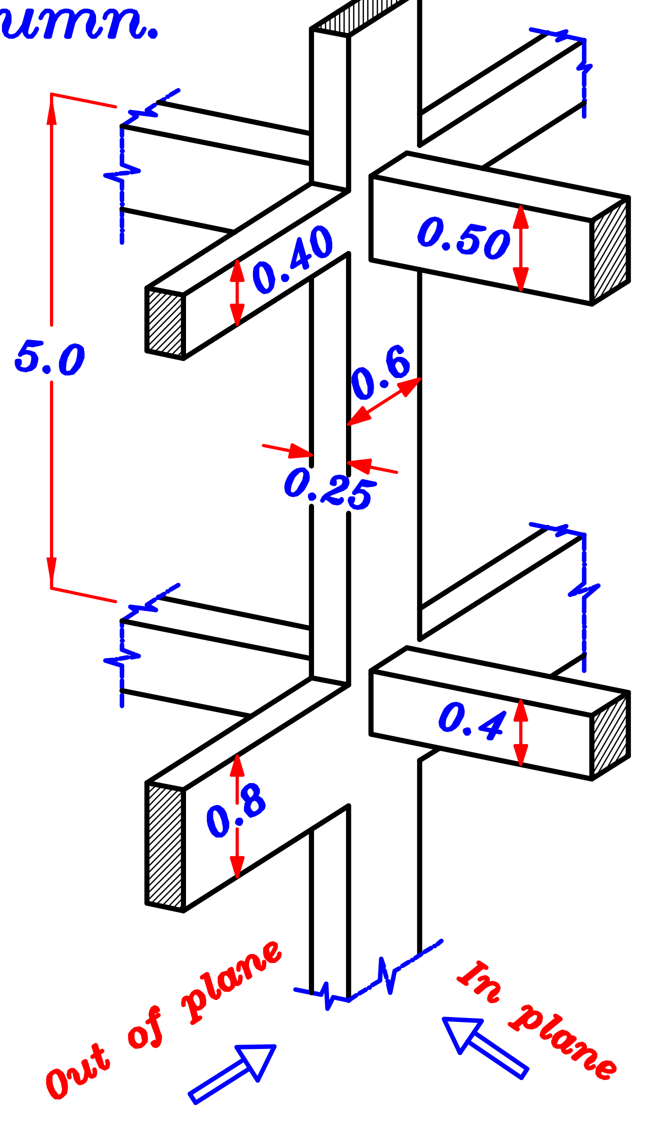




Req.

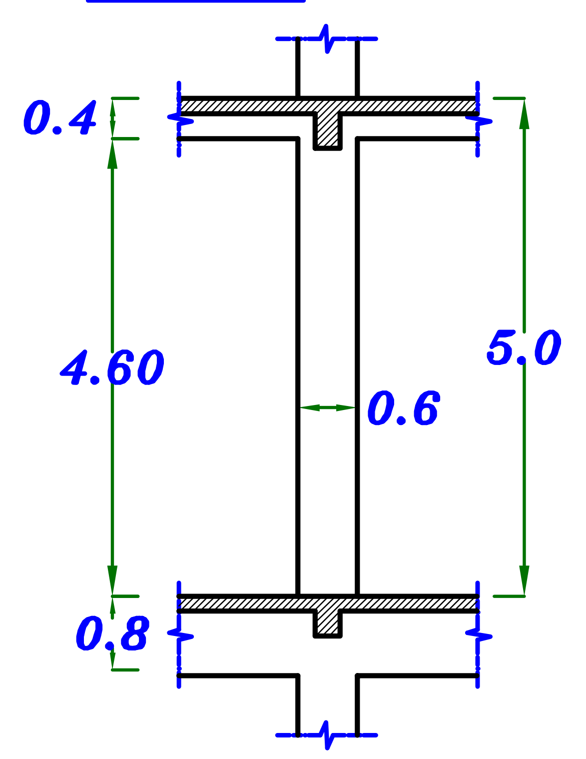
Design the column.

Solution.



Check Buckling.

① In plane.

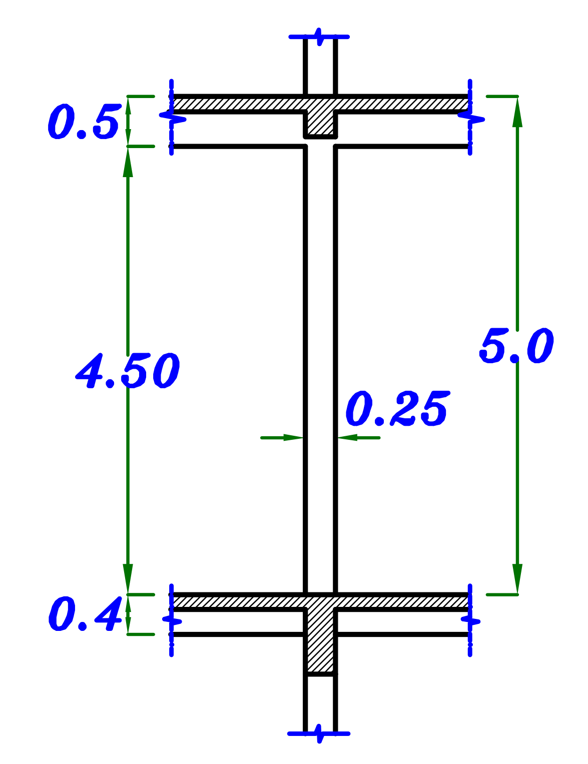


Upper Case ②
Lower Case ①
} K = 1.3

$H_o = 4.60$ m

$$\lambda_{b\,in} = \frac{1.3 * 4.6}{0.6} = 9.9 < 10$$

② Out of plane.



Upper Case ①
Lower Case ①
} K = 1.2

$H_o = 4.50$ m

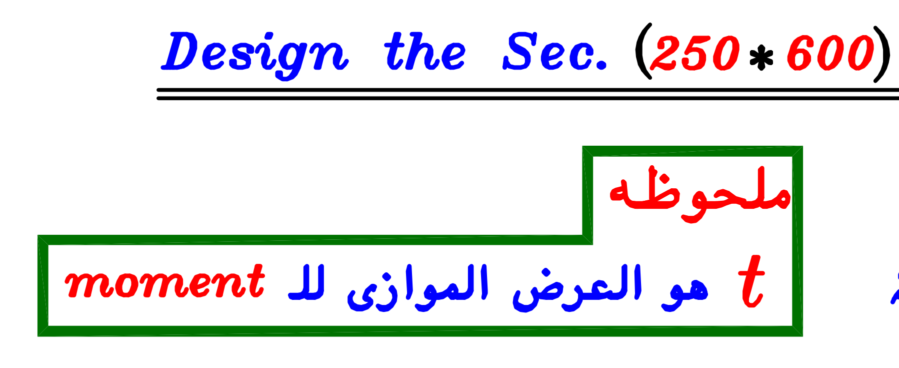
$$\lambda_{b\,out} = \frac{1.2 * 4.5}{0.25} = 21.6 > 10$$

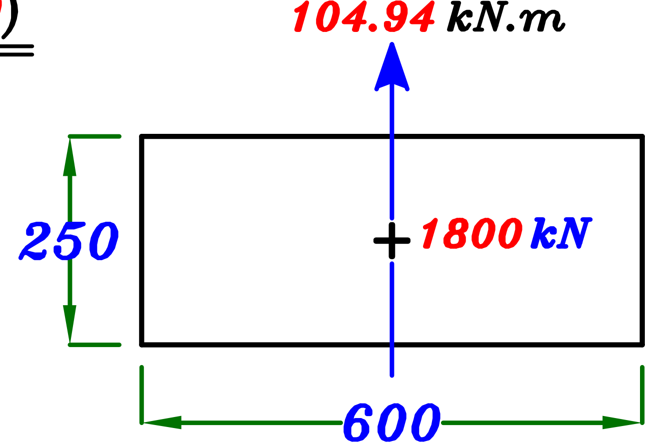
Take the bigger value of $\lambda_b = 21.6$ (Out of Plane)

The Buckling is Out of Plane.

$$\delta = \frac{(\lambda_b)^2 * b}{2000} = \frac{21.6^2 * 0.25}{2000} = 0.0583 \text{ m}$$

$$M_{add.} = P * \delta = 1800 * 0.0583 = 104.94 \text{ kN.m}$$





$\therefore \; t = 250 \; mm \qquad b = 600 \; mm$

$$e = \delta = \frac{M}{P} = \frac{104.94}{1800} = 0.0583 \; m$$

$$\therefore \; \frac{e}{t} = \frac{0.0583}{0.25} = 0.2332 < 0.5 \xrightarrow{use} I.D.$$

$$\zeta = \frac{0.25 - 0.2}{0.25} = 0.6 \xrightarrow{Take} \zeta = 0.7 \xrightarrow{Use} I.D.$$ **ECCS Page (4-25)**

$$\frac{P_U}{F_{cu}\, b\, t} = \frac{1800 * 10^3}{25 * 600 * 250} = 0.48$$

$$\frac{M_U}{F_{cu}\, b\, t^2} = \frac{104.94 * 10^6}{25 * 600 * 250^2} = 0.112$$

$$\rho = 6.90$$

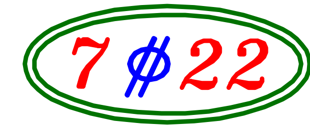
$$A_s = A_s` = \mu * b * t = \rho * F_{cu} * 10^{-4} * b * t = 6.9 * 25 * 10^{-4} * 600 * 250 = 2587.5 mm^2$$

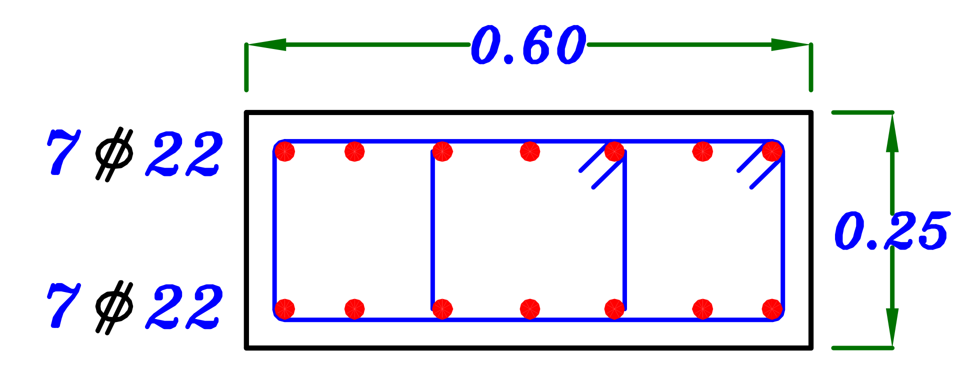
$$A_{s_{total}} = A_s + A_s` = 5175 \; mm^2$$

$$A_{s_{min}} = \frac{0.25 + 0.052 \lambda_{max}}{100} * b * t$$

$$= \frac{0.25 + 0.052\,(21.6)}{100} * 600 * 250 = 2065 \; mm^2 < A_{s_{total}} \therefore \; O.K.$$

$$A_s = A_s` = 2587.5 \; mm^2$$





Example.

Data.

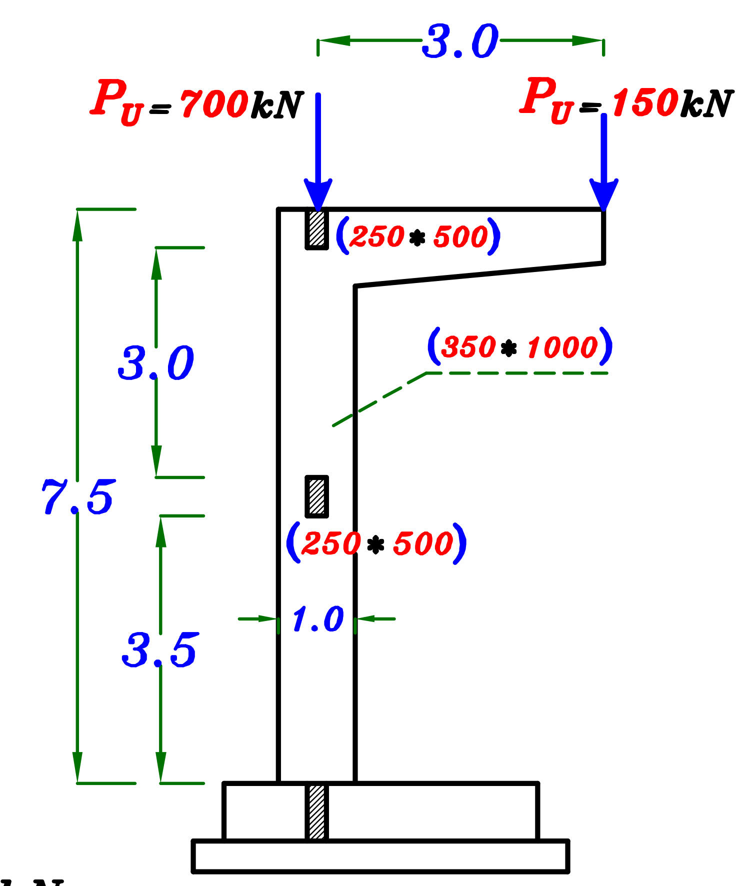
$F_{cu} = 25 \ N\backslash mm^2$

$F_y = 360 \ N\backslash mm^2$

Unbraced Col.

Req.

Design the column.



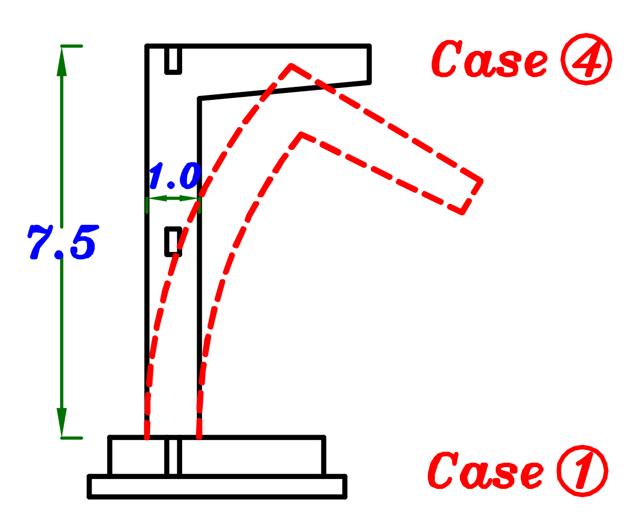
Solution.

$P_U = 700 + 150 = 850 \ kN$

$M_U = M_{ext.} = 150 * 3.0 = 450 \ kN.m$

Check Buckling.

① In plane.

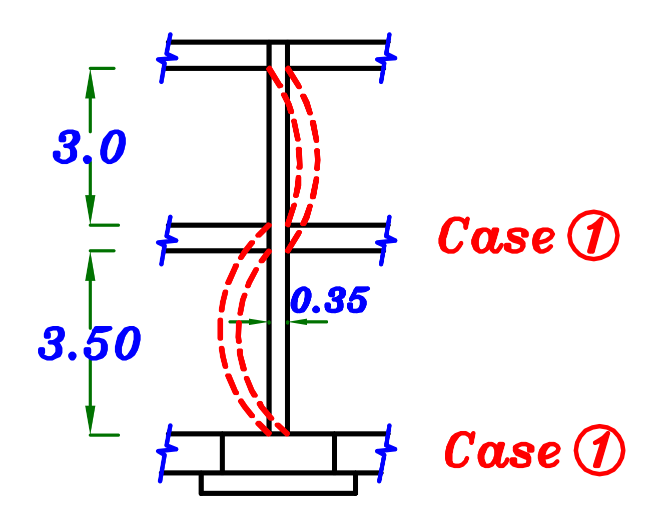


Upper Condition Case ④
Lower Condition Case ①
} $K = 2.2$

$H_o = 7.5 \ m$

$$\lambda_{b_{in}} = \frac{2.2 * 7.5}{1.0} = 16.5 > 10$$

② Out of plane.



Upper Condition Case ①
Lower Condition Case ①
} $K = 1.2$

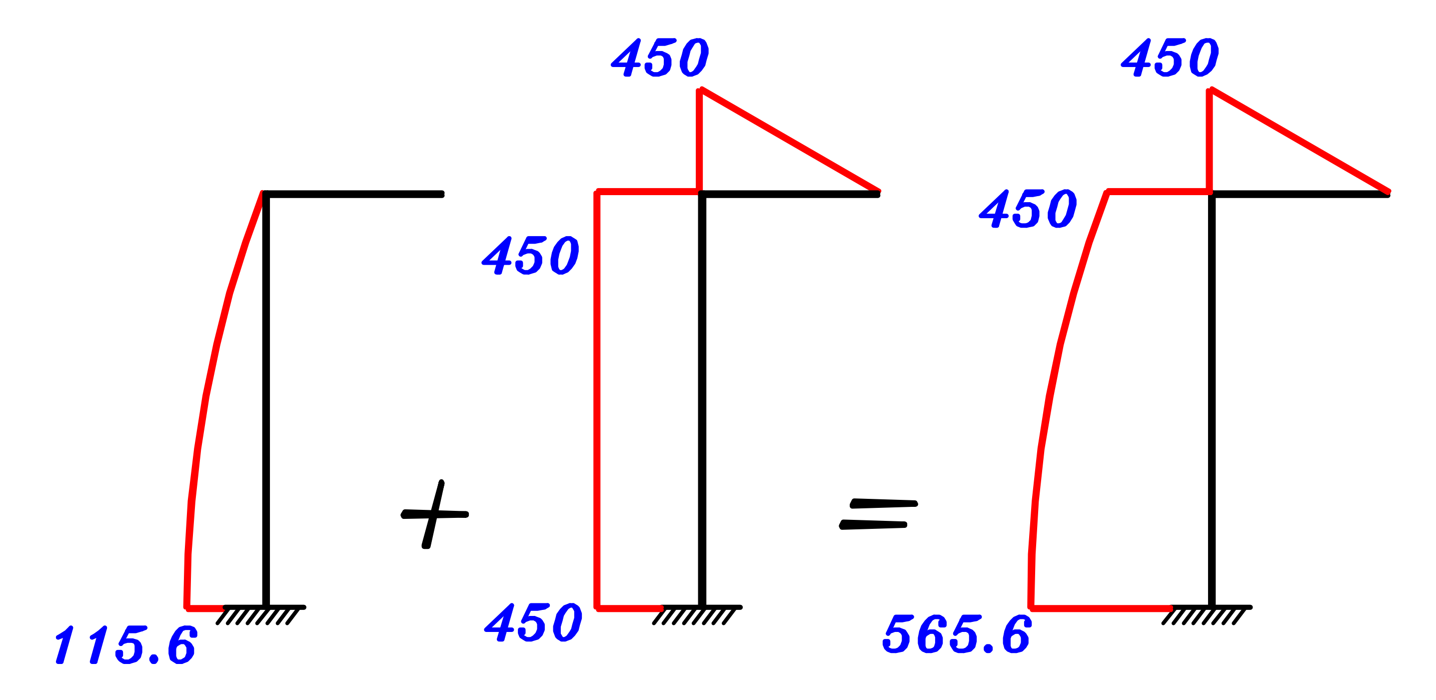
$H_o = 3.5 \ m$

$$\lambda_{b_{out}} = \frac{1.2 * 3.5}{0.35} = 12 > 10$$

Take the bigger value of $\lambda_b = 16.5$ (In plane)

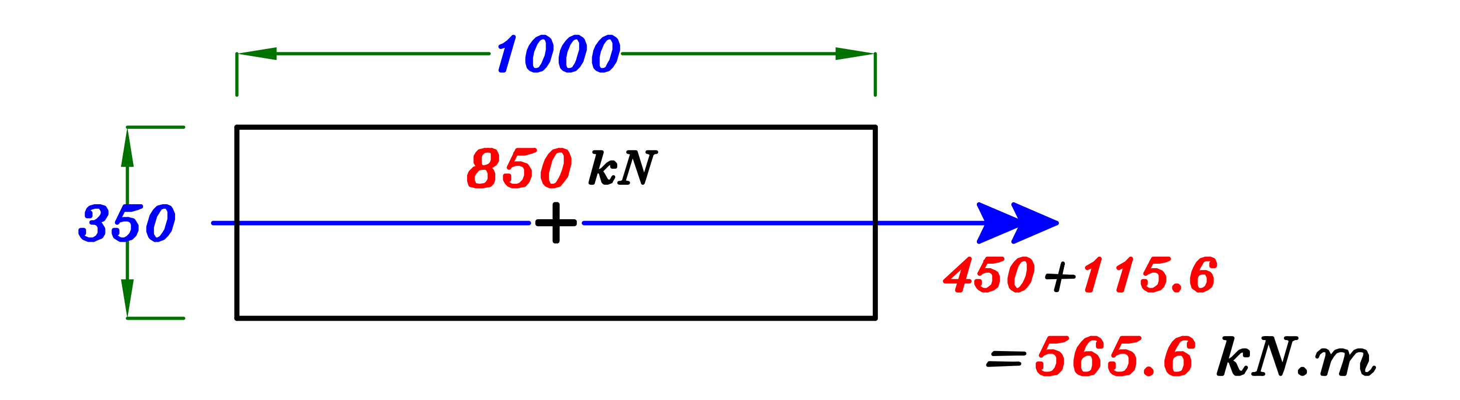
$$\delta = \frac{(\lambda_b)^2 * t}{2000} = \frac{16.5^2 * 1.0}{2000} = 0.136\ m$$

$$M_{add.} = P * \delta = 850 * 0.136 = 115.6\ kN.m$$



$$\because\ M_{des.} = M_{ext.} + M_{add.}$$

$$\therefore\ M_{des.} = 450 + 115.6 = 565.6\ kN.m$$



Design the Sec.

$$e = \frac{M}{P} = \frac{565.6}{850} = 0.665 \ m \qquad \therefore \frac{e}{t} = \frac{0.665}{1.0} = 0.665 > 0.5 \xrightarrow{use} e_s$$

$$e_s = e + \frac{t}{2} - c = 0.665 + \frac{1.0}{2} - 0.05 = 1.115 \ m$$

$$M_s = P * e_s = 850 * 1.115 = 947.75 \ kN.m$$

$$\therefore 950 = C_1 \sqrt{\frac{947.75 * 10^6}{25 * 350}} \longrightarrow C_1 = 2.886 \longrightarrow J = 0.728$$

$$\therefore A_s = \frac{M_s}{J \, F_y \, d} - \frac{P_{U.L.}}{(F_y \backslash \gamma_s)} = \frac{947.75 * 10^6}{0.728 * 360 * 950} - \frac{850 * 10^3}{(360 \backslash 1.15)} = 1091.3 \ mm^2$$

$$A_{s_{min}} = \frac{0.25 + 0.052 \lambda_{max}}{100} * b * t$$

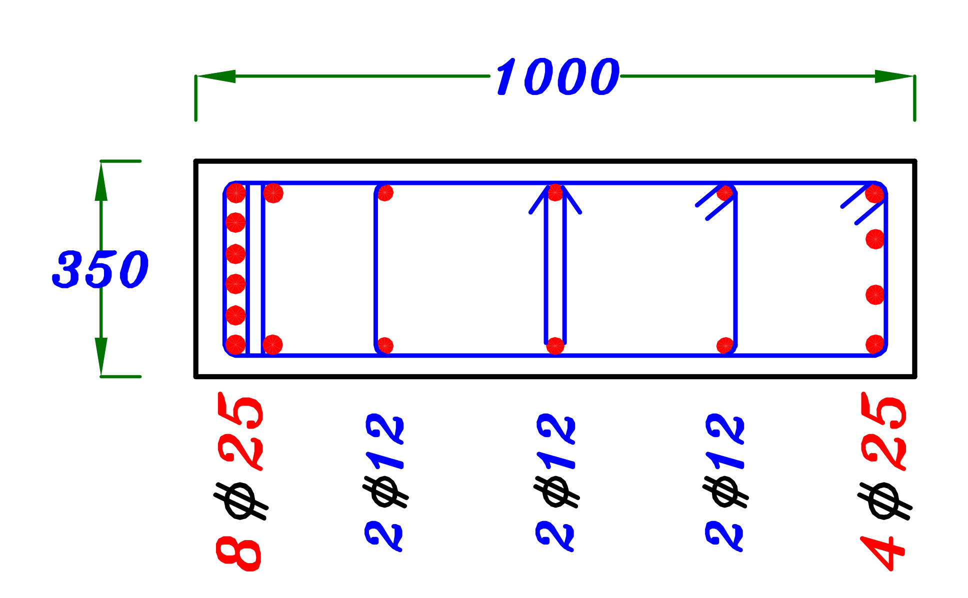
$$= \frac{0.25 + 0.052 (16.5)}{100} * 350 * 1000 = 3878 \ mm^2 > A_s$$

$$\therefore \text{Take} \quad A_s = A_{s_{min}} = 3878 \ mm^2 \qquad 8 \phi 25$$

$$n = \frac{b - 25}{\phi + 25} = \frac{350 - 25}{25 + 25} = 6.5 = 6.0$$

$$\text{Stirrup Hangers} = 0.4 \ A_s = 0.4 * 3878 = 1551 \ mm^2$$

$$4 \phi 25$$



Example.

3.50 3.50
0.50
3.0
7.0
0.90
$b = 400mm$
0.50
3.0

$G_U = 70$ kN, $P_U = 30$ kN
$G_U = 90$ kN, $P_U = 60$ kN
$G_U = 70$ kN, $P_U = 30$ kN
$g_U = 20$ kN/m
$p_U = 15$ kN/m
3.50 3.50
7.0

$F_{cu} = 25$ N\mm^2 , $F_y = 400$ N\mm^2

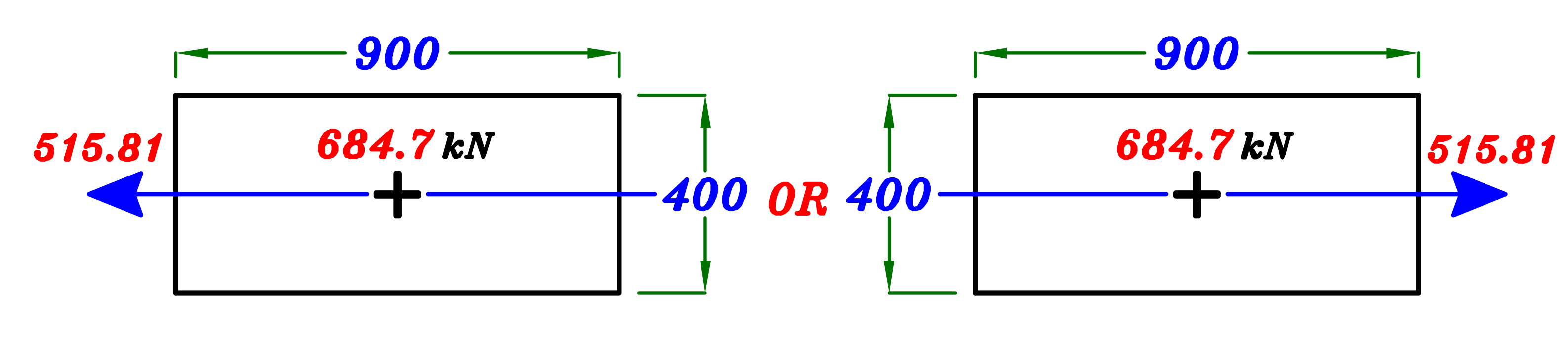
Check Buckling and design the section of the column.

يتم عمل حالات تحميل لل Frame

684.7 (–)

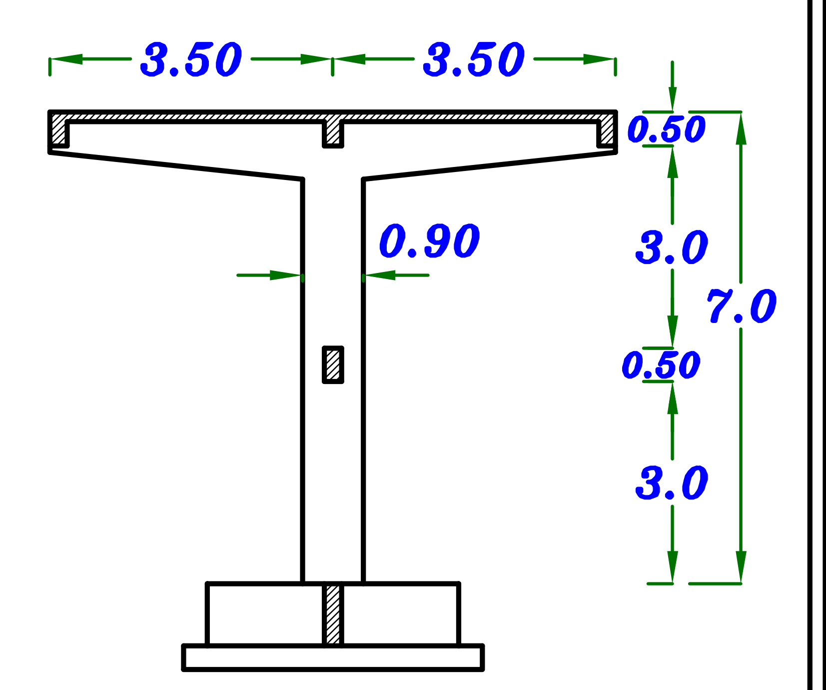
846.56
330.75
515.81
515.81

0.9 * (70) = 63 kN
1.5 (90+60) = 225 kN
1.5 (70+30) = 150 kN
0.9 * (20) = 18 kN/m
1.5 (20+15) 52.5 kN/m
3.50 3.50
7.0
684.7 kN
515.81 kN.m



Check Buckling.

① In plane.



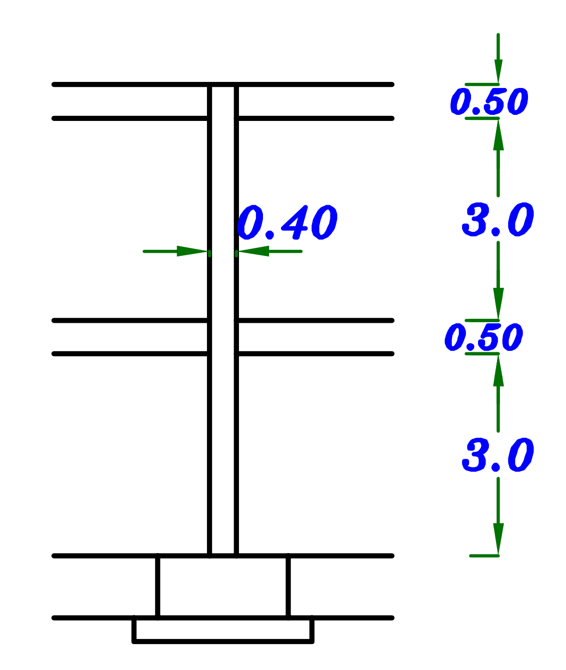
Upper Case ④, Lower Case ① } $K = 2.2$

$H_o = 7.0$ m

$$\lambda_{b_{in}} = \frac{2.2 * 7.0}{0.9}$$

$$= 17.1 > 10$$

② Out of plane.



Upper Case ①, Lower Case ① } $K = 1.2$

$H_o = 3.0$ m

$$\lambda_{b_{out}} = \frac{1.2 * 3.0}{0.4}$$

$$= 9.0 < 10$$

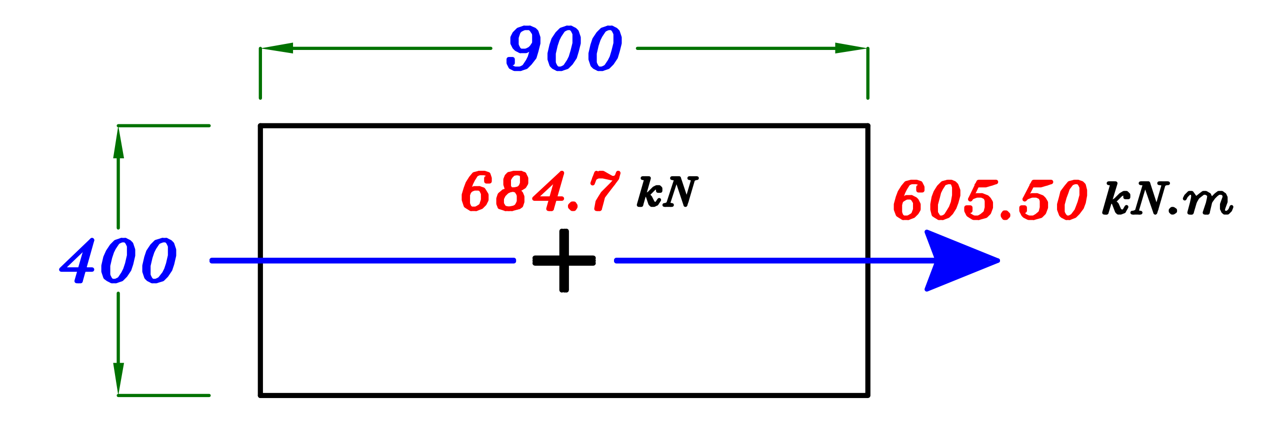
Take the bigger value of $\lambda_b = 17.1$ (In plane)

The Buckling is In Plane.

$$\delta = \frac{(\lambda_b)^2 * t}{2000} = \frac{17.1^2 * 0.90}{2000} = 0.131 \ m$$

$$M_{add.} = P * \delta = 684.7 * 0.131 = 89.69 \quad kN.m$$

$$M_{Total} = M_{ext.} + M_{add} = 515.81 + 89.69 = 605.50 \ kN.m$$



Design the Column section.

$$e = \frac{M}{P} = \frac{605.50}{684.7} = 0.884 \ m$$

$$\therefore \frac{e}{t} = \frac{0.884}{0.90} = 0.982 > 0.5 \xrightarrow{use} e_s$$

$$e_s = e + \frac{t}{2} - c = 0.884 + \frac{0.9}{2} - 0.05 = 1.284 \ m$$

$$M_s = P * e_s = 684.7 * 1.284 = 879.15 \ kN.m$$

$$\therefore 850 = C_1 \sqrt{\frac{879.15 * 10^6}{25 * 400}} \longrightarrow C_1 = 2.866 \longrightarrow J = 0.726$$

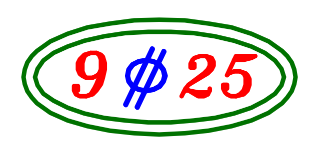
$$\therefore A_s = \frac{M_s}{J\,F_y\,d} - \frac{P_{U.L.}}{(F_y \backslash \gamma_s)}$$

$$= \frac{879.15 * 10^6}{0.726 * 400 * 850} - \frac{684.7 * 10^3}{(400 \backslash 1.15)} = 1593.1\ mm^2$$

$$A_{s_{min}} = \frac{0.25 + 0.052\,\lambda_{max}}{100} * b * t$$

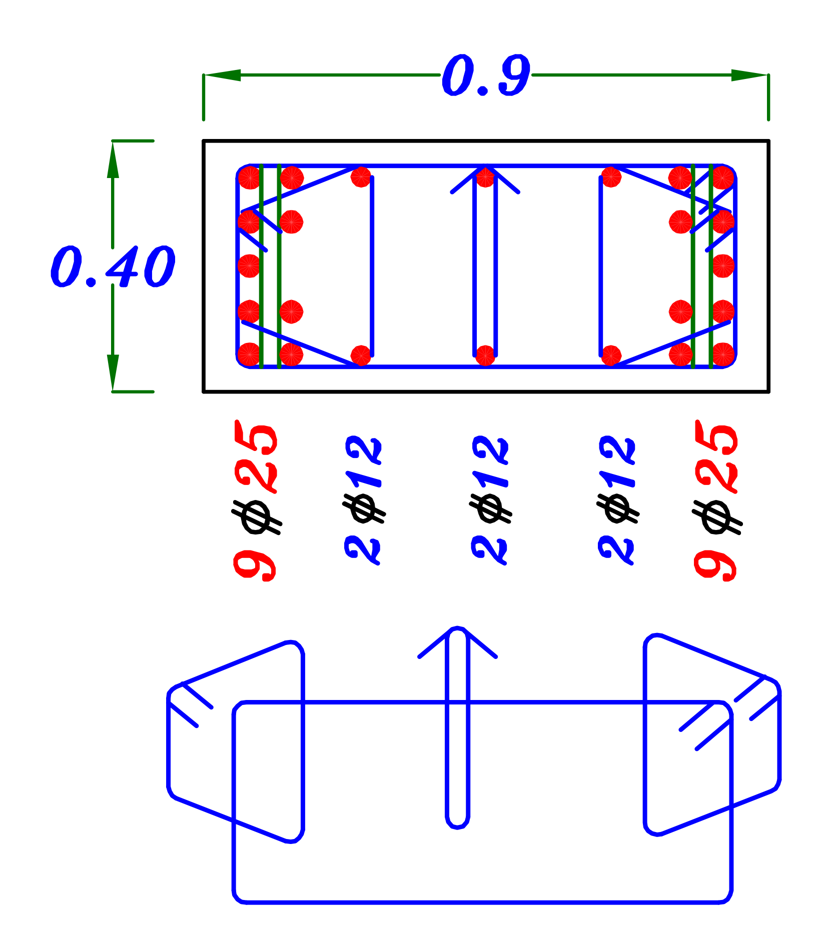
$$= \frac{0.25 + 0.052\,(17.1)}{100} * 400 * 900 = 4101.1\ mm^2 > A_{s\,total}$$

Take $A_s = A_{s_{min}} = 4101.1\ mm^2$

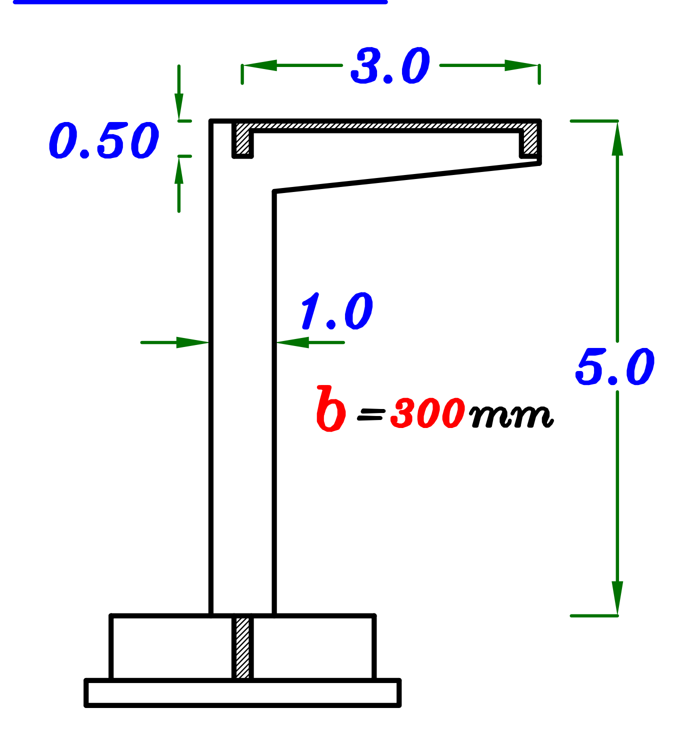


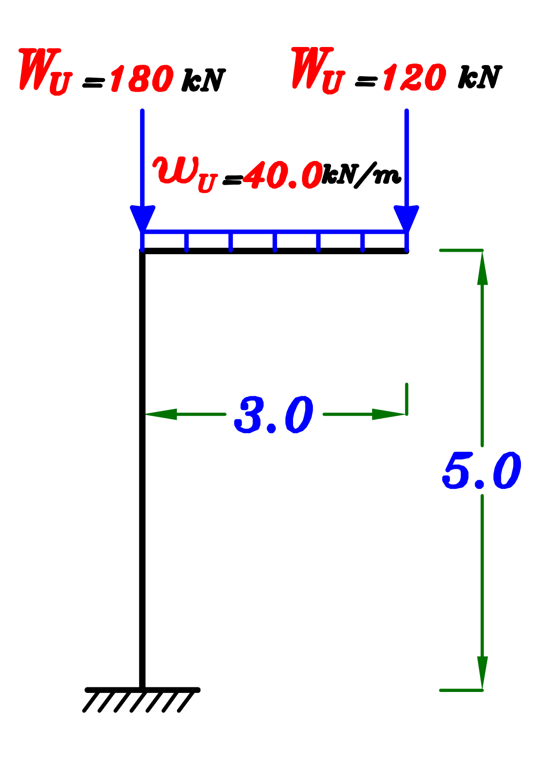
M_{Total} سيتم وضع حديد مساوى للتسليح الرئيسى فى الجهه المقابله لاننا لا نعرف اتجاه ال

$$n = \frac{b - 25}{\phi + 25} = \frac{400 - 25}{25 + 25} = 7.5 = 7.0$$



Example.





F_{cu} = 30 N\mm², F_y = 360 N\mm²

Check Buckling and design the section of the column.

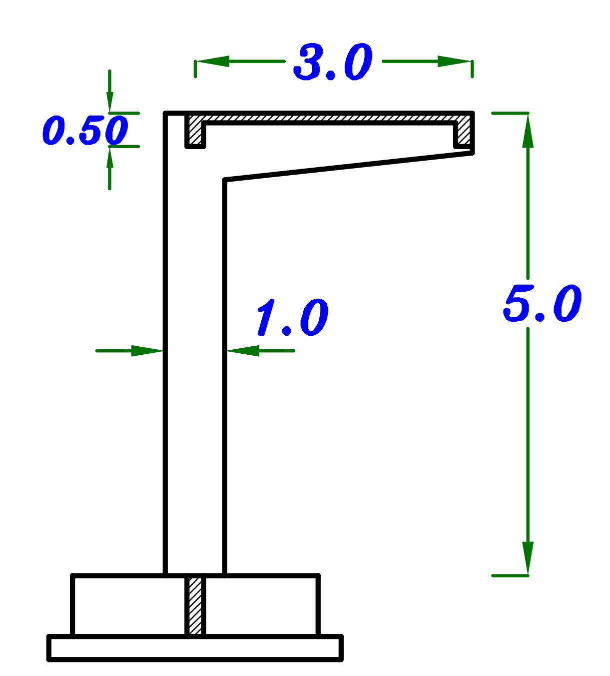
540
540
420 (–) N.F.D.
540 B.M.D.

180 kN 120 kN
40.0 kN/m
3.0
5.0
420.0 kN
540.0 kN.m

1000
300
420.0 kN
540.0

Check Buckling.

① In plane.

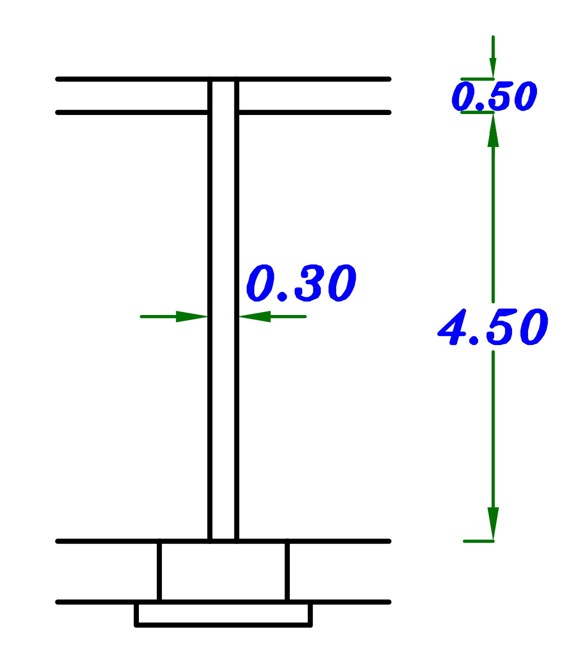


Upper Case ④, Lower Case ① } $K = 2.2$

$H_o = 5.0$ m

$$\lambda_{b_{in}} = \frac{2.2 * 5.0}{1.0} = 11.0 > 10$$

② Out of plane.



Upper Case ①, Lower Case ① } $K = 1.2$

$H_o = 4.50$ m

$$\lambda_{b_{out}} = \frac{1.2 * 4.50}{0.30} = 18.0 > 10$$

Take the bigger value of $\lambda_b = 18.0$ (Out of plane)

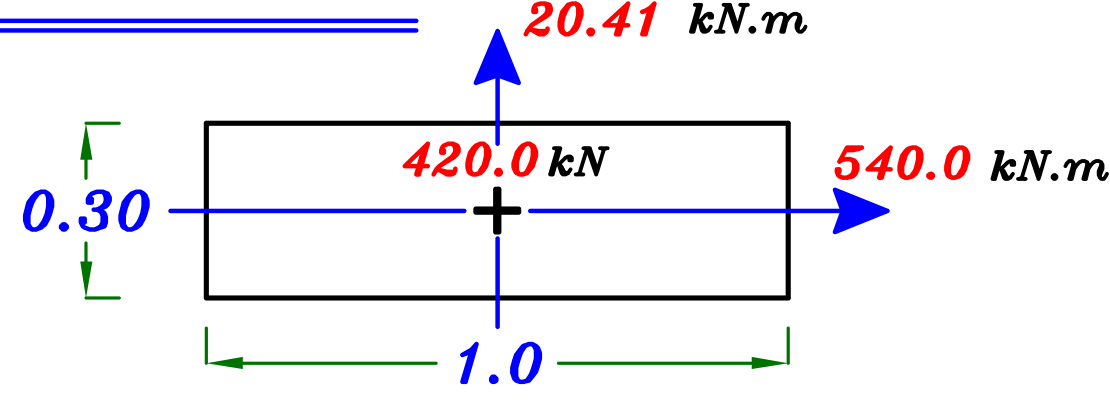
The Buckling is Out of plane.

$$\delta = \frac{(\lambda_b)^2 * b}{2000} = \frac{18.0^2 * 0.30}{2000} = 0.0486 \text{ m}$$

$$M_{add.} = P * \delta = 420 * 0.0486 = 20.412 \text{ kN.m}$$

Design the section.

Bi-Axial Moment Section.



$$\frac{M_X}{a} = \frac{20.41}{0.25} = 81.64 \quad , \quad \frac{M_Y}{b} = \frac{540}{0.95} = 568.42$$

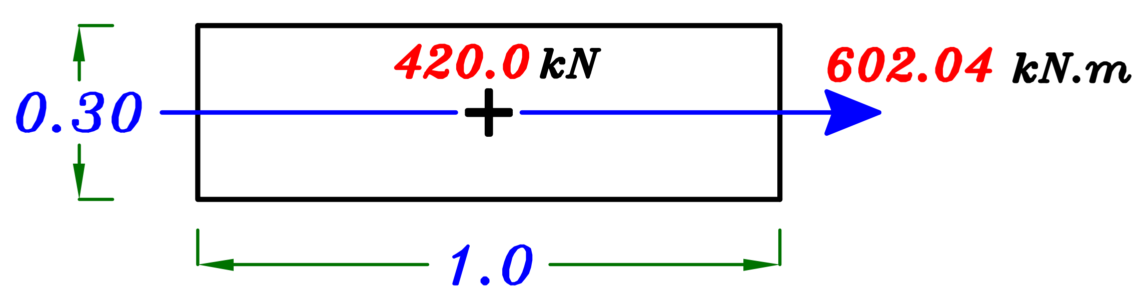
$$\frac{M_Y}{b} > \frac{M_X}{a} \longrightarrow$$ Neglect M_X and design the Sec. on $M_{Y'}$

$$R_b = \frac{P}{F_{cu}\, b\, t} = \frac{420.0 * 10^3}{30 * 300 * 1000} = 0.046$$

$$\beta = 0.9 - \frac{R_b}{2} = 0.9 - \frac{0.046}{2} = 0.877 > 0.8 \xrightarrow{Take} \beta = 0.8$$

$$M_{Y'} = M_Y + \beta \left(\frac{a}{b}\right) M_Y$$

$$M_{Y'} = 540 + 0.80 \left(\frac{0.95}{0.25}\right) 20.41 = 602.04 \text{ kN.m}$$

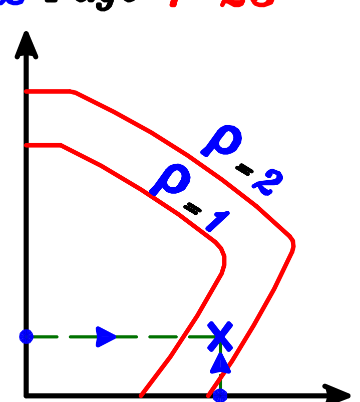


$$e = \frac{M}{P} = \frac{602.04}{420.0} = 1.433 \text{ m} \quad \therefore \frac{e}{t} = \frac{1.433}{1.0} = 1.433 > 0.5 \xrightarrow{use} I.D.$$

ملحوظه فى حاله Bi-Axial Moment يجب استخدام I.D.

∴ Use Interaction Diagram

$\zeta = \frac{1000-100}{1000} = 0.90$ $\xrightarrow{use}$ ECCS Design Aids Page 4–23



$\frac{P_U}{F_{cu}\, b\, t} = \frac{420.0*10^3}{30*300*1000} = 0.046$

$\frac{M_U}{F_{cu}\, b\, t^2} = \frac{602.04*10^6}{30*300*1000^2} = 0.067$

$\rho = 1.60$

$\mu = \rho * F_{cu} * 10^{-4} = 1.6*30*10^{-4} = 4.8*10^{-3}$

$A_s = A_s` = \mu * b * t = 4.8*10^{-3} * 300 * 1000 = 1440\ mm^2$

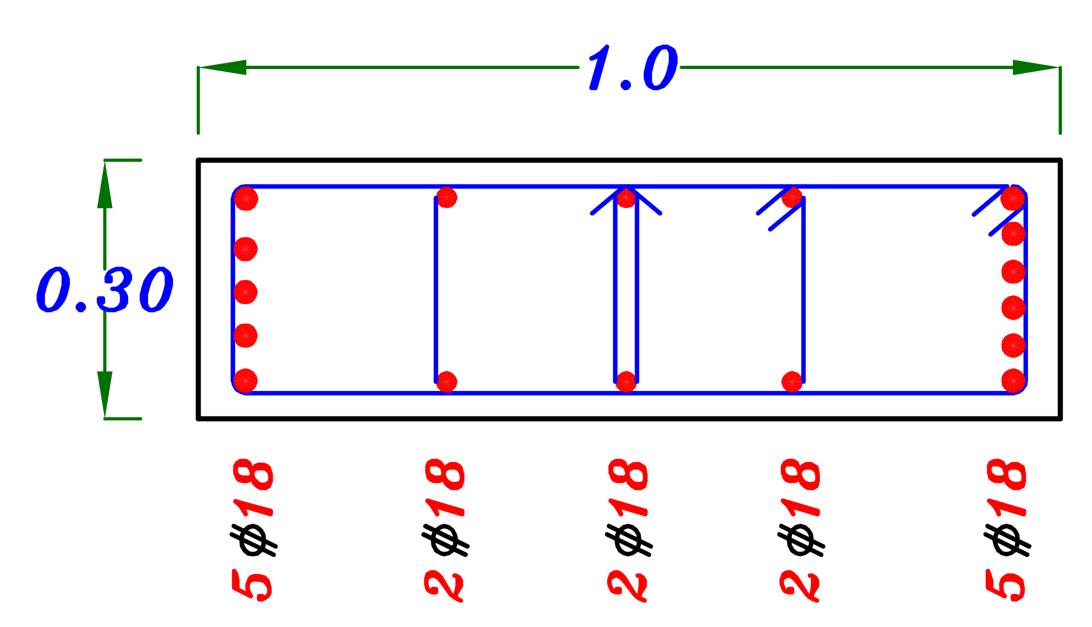
$A_{s\,Total} = A_s + A_s` = 2*1440 = 2880\ mm^2$

$A_{s_{min}} = \frac{0.25 + 0.052\,\lambda_{max}}{100} * b * t$

$= \frac{0.25 + 0.052\,(18.0)}{100} * 300 * 1000 = 3558\ mm^2 > A_{s\,total}$

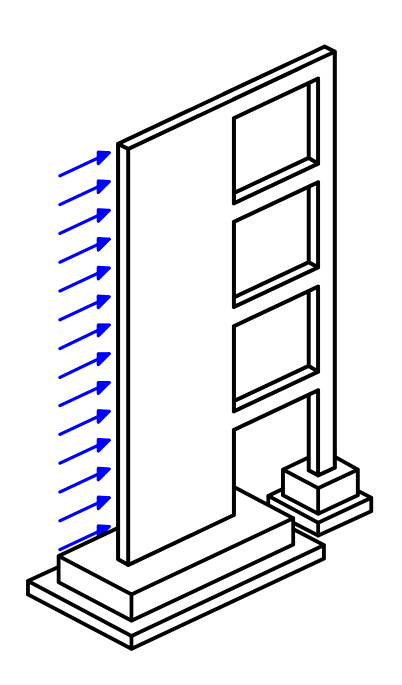
Take $A_s = A_{s_{min}} = 3558\ mm^2$ 16ϕ18

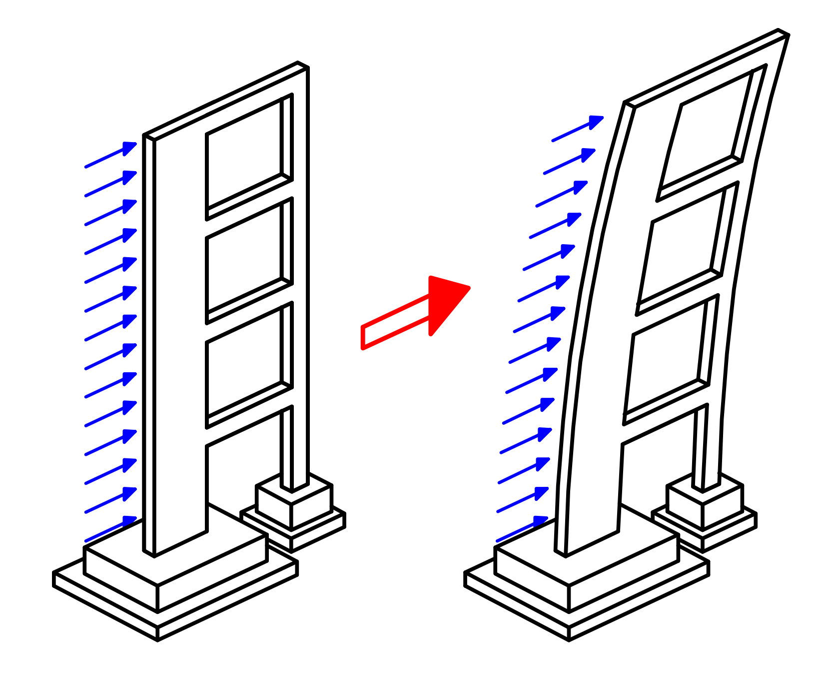
توزع ٤ أسياخ فى الاركان و الباقى يوزع على الاربعه جهات .



إذا وجد إتجاه لا يوجد فيه Shear Wall تكون الأعمده فى هذا الإتجاه unbraced.

إذا وجد إتجاه يوجد فيه Shear Wall تكون الأعمده إما braced أو unbraced حسب جساته و مقاومه الـ Shear wall للانحناء .





Shear wall قويه
ستتحمل كل القوى الافقيه
فتكون الاعمده Braced

Shear wall ضعيفه
لن تتحمل كل القوى الافقيه
فتكون الاعمده Unbraced

و تعتمد جساءه الـ Shear wall فى الاتجاه القوى على كل من :

- معاير المرونه لخرسانه الـ Shear wall (E)
- العرض الكبير للـ Shear wall التى تؤثر كثيرا على الـ Inertia (I)
- ارتفاع الـ Shear wall (H)
- وزن المبنى . (N)

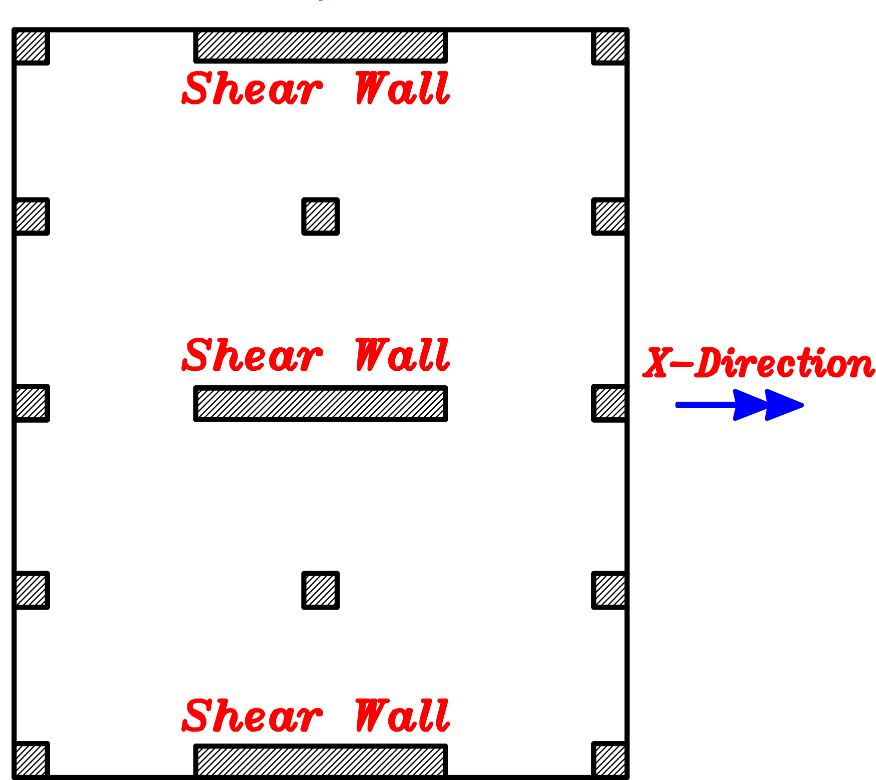
و قد تم استنتاج معامل يسمى α يعبر عن جساءه الـ Shear wall

قيمه α كبيره ← جساءه الـ Shear wall صغيره ← العمود يكون Unbraced

قيمه α صغيره ← جساءه الـ Shear wall كبيره ← العمود يكون Braced

Example.





إذا وضعت ال Shear Walls فى إتجاه ال X-Direction فقط

تصبح الاعمده فى اتجاه Y كلها unbraced

و الأعمده فى إتجاه X إما Braced أو unbraced على حسب قيمه α .

Y-Direction.

The columns are unbraced.

because No shear walls at Y-Direction.

X-Direction.

IF (n) number of Floors < 4.0

1- IF $\alpha < 0.20 + 0.1\,(n)$

the columns are braced.

2- IF $\alpha \geqslant 0.20 + 0.1\,(n)$

the columns are unbraced.

IF (n) number of Floors $\geqslant 4.0$

1- IF $\alpha < 0.60$

the columns are braced.

2- IF $\alpha \geqslant 0.60$

the columns are unbraced.

To calculate the value of α

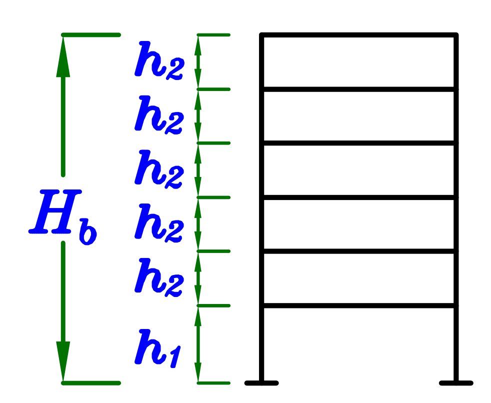
$$\alpha = H_b \sqrt{\frac{N}{\sum EI}}$$

Egyptian Code Page (6–47)

where:

H_b هو الإرتفاع الكلى للمبنى بما فيه الدور الأرضى.

$$H_b = h_1 + (n-1)\, h_2$$



h_1 هو إرتفاع الدور الأرضى.

h_2 هو إرتفاع الدور المتكرر.

n عدد الأدوار كلها.

$$N = w_{av.} \times A \times n$$ (kN)

N الوزن الكلى للمبنى.

$w_{av.}$ هو وزن المتر المربع المتوسط للمبنى بما فيه الكمرات و الأعمده.

Take $w_{av.} \approx 12.0\ (kN\backslash m^2)$

A هو المساحه الكليه للدور.

n عدد الأدوار كلها.

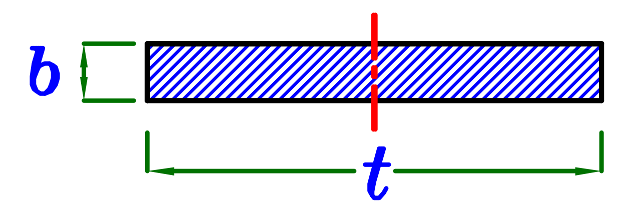
$$E = 4400 \sqrt{F_{cu}}$$ $(N\backslash mm^2)$

E معاير المرونه للخرسانه.

و لتحويلها الى $(kN\backslash m^2)$ نضربها فى (10^3)

I هو moment of Inertia لل Shear Wall فى الاتجاه القوى

$$I = \frac{b\, t^3}{12}$$ (m)



٦-٤-٢ المبانى المقيدة جانبيا وغير المقيدة جانبيا

أ- يُعتبر المبنى مقيدا إذا كان مزودا بعناصر تدعيم عبارة عن حوائط خرسانية مستمرة بكامل ارتفاع المبنى بحيث تكون موزعة توزيعا متماثلا فى المسقط الأفقى للمبنى وتستوفى ما يلى:

- فى حالة مبنى مكون من ٤ طوابق أو أكثر :

$$\alpha = H_b \sqrt{\frac{N}{\Sigma EI}} < 0.6 \qquad (6\text{-}30\text{-}a)$$

- فى حالة مبنى مكون من أقل من ٤ طوابق

$$\alpha = H_b \sqrt{\frac{N}{\Sigma EI}} < 0.2 + 0.1\,n \qquad (6\text{-}30\text{-}b)$$

حيث:

H_b = الارتفاع الكلى للمبنى فوق السطح العلوى للأساسات

N = مجموع أحمال التشغيل للمبنى المؤثرة على جميع العناصر الرأسية

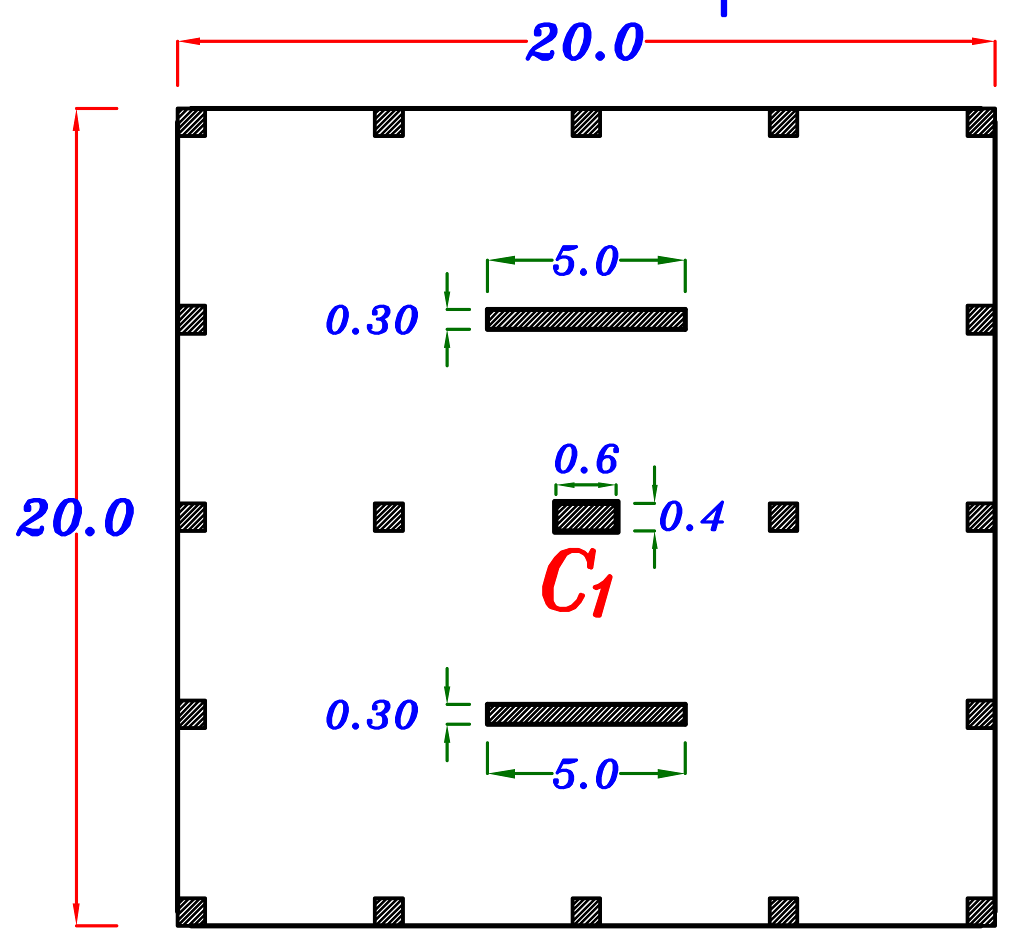
ΣEI = مجموع جساءة الانحناء (Flexural rigidity) للحوائط الخرسانية الرأسية المشتركة في تدعيم المبنى فى الاتجاه تحت الاعتبار

n = عدد الطوابق للمبنى

ب - يجب أن تكون الحوائط الخرسانية المستخدمة فى التحقق من المعادلة (٦-٣٠) متصلة بالأساسات اتصالا يسمح بنقل جميع القوى الأفقية والعزوم الناتجة عنها بالكامل إلى الأساسات.

Example.





Data.

$F_{cu} = 25$ N\mm^2 $F_y = 360$ N\mm^2

Height of Ground Floor = 5.0 m

Height of Typical Floor = 3.0 m

No. of Floors including Ground Floor = 9.0

Slabs are Flat Slab with $t_s = 0.24$ m

Req.

1- Find IF the columns are braced or unbraced in both directions (X,Y)

2- Design the column C_1 (400*600) at Ground Floor Carried U.L. axial load = 2500 kN.

Solution.

∵ The shear walls are placed at X−Direction only.

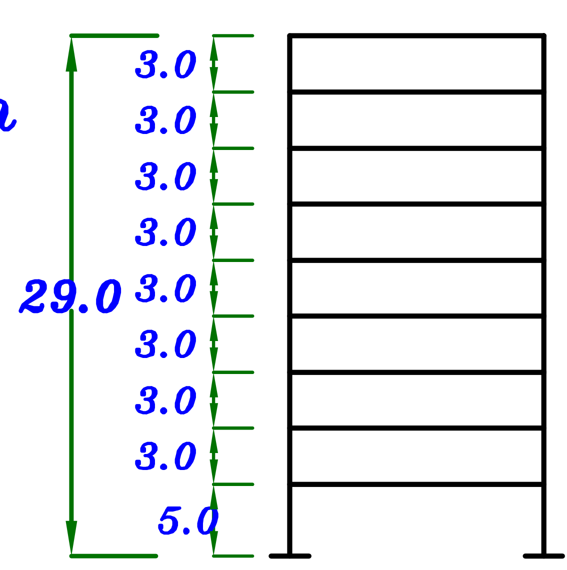
∴ At Y−direction The columns are unbraced.

At X−direction Calculate $\alpha = H_b \sqrt{\dfrac{N}{\Sigma EI}}$

Egyptian Code Page (6−49)

* $H_b = h_1 + (n-1)\, h_2$

$= 5.0 + (9-1)\; 3.0 = 29.0\, m$



* $N = w_{av.} \times A \times n$

Take $w_{av.} \approx 12.0\ (kN\backslash m^2)$

A = area of one Floor $= 20.0 \times 20.0 = 400\ m^2$

$N = 12.0 \times 400 \times 9.0 = 43200\ kN$

* $E = 4400\sqrt{F_{cu}} = 4400\sqrt{25} = 22000 \; (N\backslash mm^2)$

لتحويلها الى $(kN\backslash m^2)$ نضربها فى (10^3)

$E = 22000 \times 10^3 \; (kN\backslash m^2)$

* $I = \frac{b\,t^3}{12} = \frac{0.30\,(5.0)^3}{12}$

0.30

5.0

$I = 3.125 \; m^4$

$$\alpha = H_b \sqrt{\frac{N}{\sum EI}} = 29.0\sqrt{\frac{43200}{2 \times (22000 \times 10^3) \times 3.125}}$$

2 Shear Walls

$= 0.514$

$\therefore \; \boxed{\alpha = 0.514} < 0.60$

$\because \; \alpha < 0.60$

$\therefore$ the columns are Braced at X-Direction

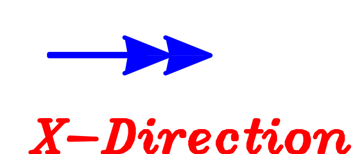
$\therefore$ the columns are Braced at X-Direction

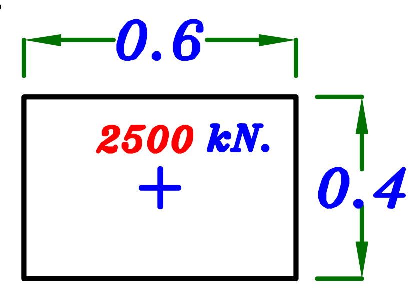
$\therefore$ the columns are Unbraced at Y-Direction

2- Design the column C_1 (600*400) at Ground Floor

Carried U.L. axial load = 2500 kN.



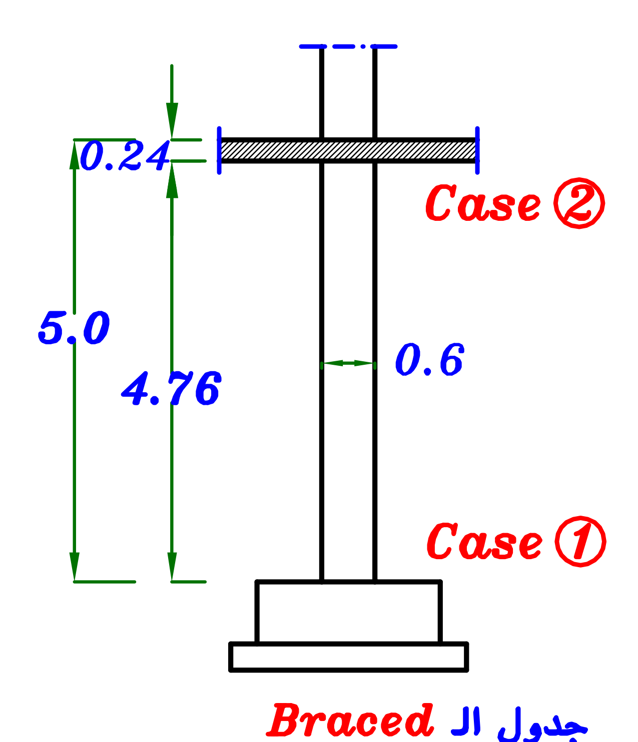




Check Buckling.

① In plane. X-Direction

Braced Column



Braced جدول ال

Upper Case ② , Lower Case ① } K = 0.80

$H_o = 4.76$ m

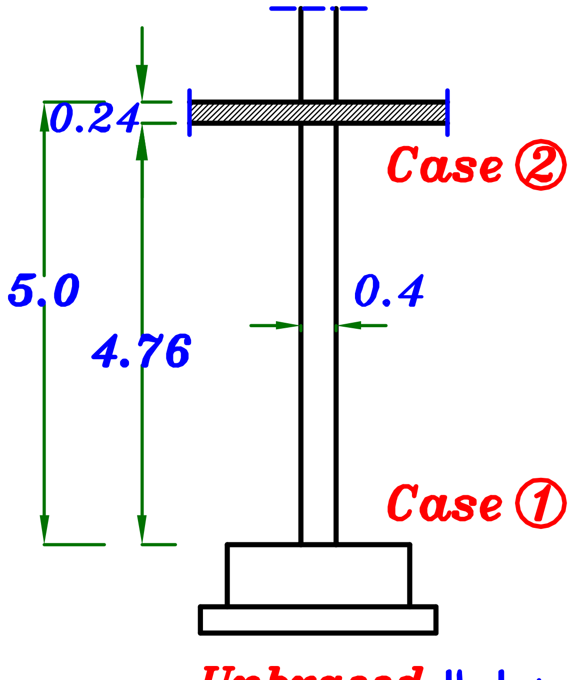
$$\lambda_{b_{in}} = \frac{0.8 * 4.76}{0.6}$$

$= 6.34 < 15$

Short Column

② Out of plane. Y-Direction

Unbraced Column



Unbraced جدول ال

Upper Case ② , Lower Case ① } K = 1.30

$H_o = 4.76$ m

$$\lambda_{b_{out}} = \frac{1.3 * 4.76}{0.4}$$

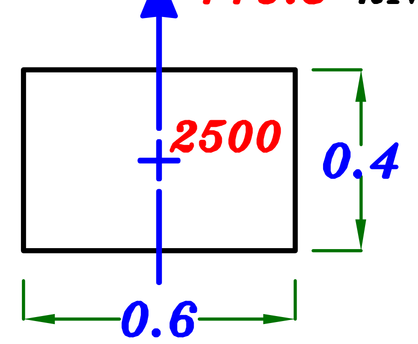
$= 15.47 > 10$

Long Column

The Column is Long at (Out of plane) $\lambda_b = 15.47$

$$\delta = \frac{(\lambda_b)^2 * b}{2000} = \frac{15.47^2 * 0.40}{2000} = 0.0478 \ m$$

$$M_{add.} = P * \delta = 2500 * 0.0478 = 119.5 \ kN.m$$



Design the Sec. (400 * 600)

t هو العرض الموازى لل moment

$\therefore \ t = 400 \ mm \qquad b = 600 \ mm \qquad e = \frac{M}{P} = \frac{119.5}{2500} = 0.0478 \ m$

$\therefore \ \frac{e}{t} = \frac{0.0478}{0.40} = 0.12 < 0.5 \xrightarrow{use} I.D.$

$\zeta = \frac{0.40 - 0.1}{0.40} = 0.75 \xrightarrow{Take} \zeta = 0.7 \xrightarrow{Use} I.D.$ ECCS Page (4-25)

$$\frac{P_U}{F_{cu}\, b\, t} = \frac{2500 * 10^3}{25 * 600 * 400} = 0.416$$

$$\frac{M_U}{F_{cu}\, b\, t^2} = \frac{119.5 * 10^6}{25 * 600 * 400^2} = 0.049$$

$\rho = 2.80$

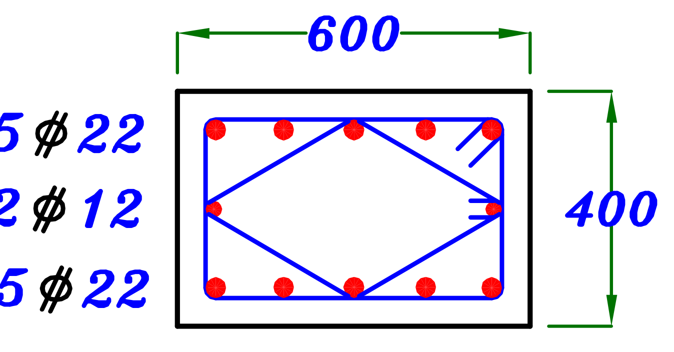
$$A_s = A_s' = \mu * b * t = \rho * F_{cu} * 10^{-4} * b * t = 2.8 * 25 * 10^{-4} * 600 * 400 = 1680 \ mm^2$$

$$A_{s\,total} = A_s + A_s' = 3360 \ mm^2$$

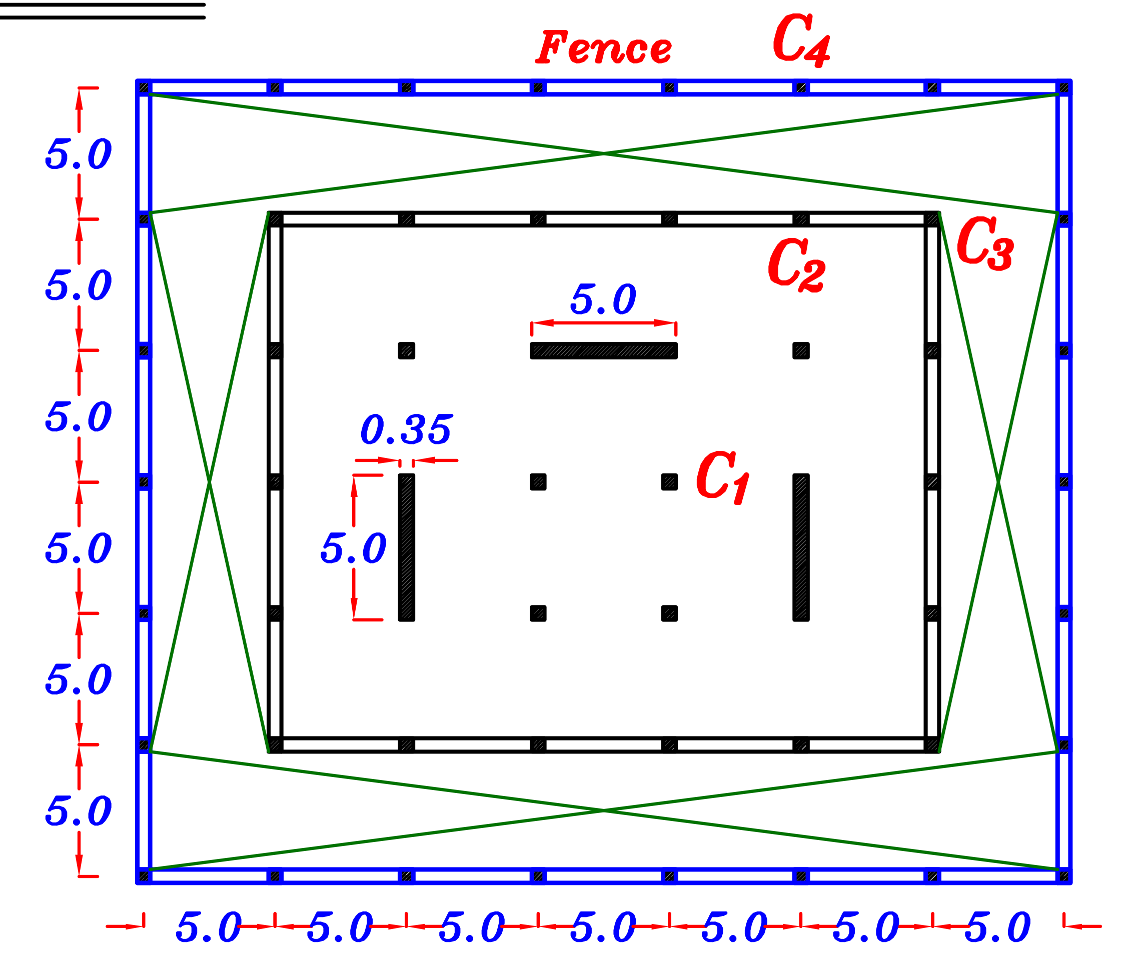
$$A_{s\,min} = \frac{0.25 + 0.052\, \lambda_{max}}{100} * b * t$$

$$= \frac{0.25 + 0.052\,(15.47)}{100} * 600 * 400 = 2530 \ mm^2 < A_{s\,total} \therefore \ O.K.$$

$A_s = A_s' = 1680 \ mm^2$ 5 ϕ 22



Example.



For the 8 Floors building surrounded by a Fence.

Data.

$F_{cu} = 25\ N\backslash mm^2$ $\quad F_y = 360\ N\backslash mm^2$

The building consists of 8 typical Floors

Floor Hieght $= 4.0\ m$

Equivalent total working load of Floor $= 11\ kN\backslash m^2$

Slabs are Flat Slab with $t_s = 0.16\ m$

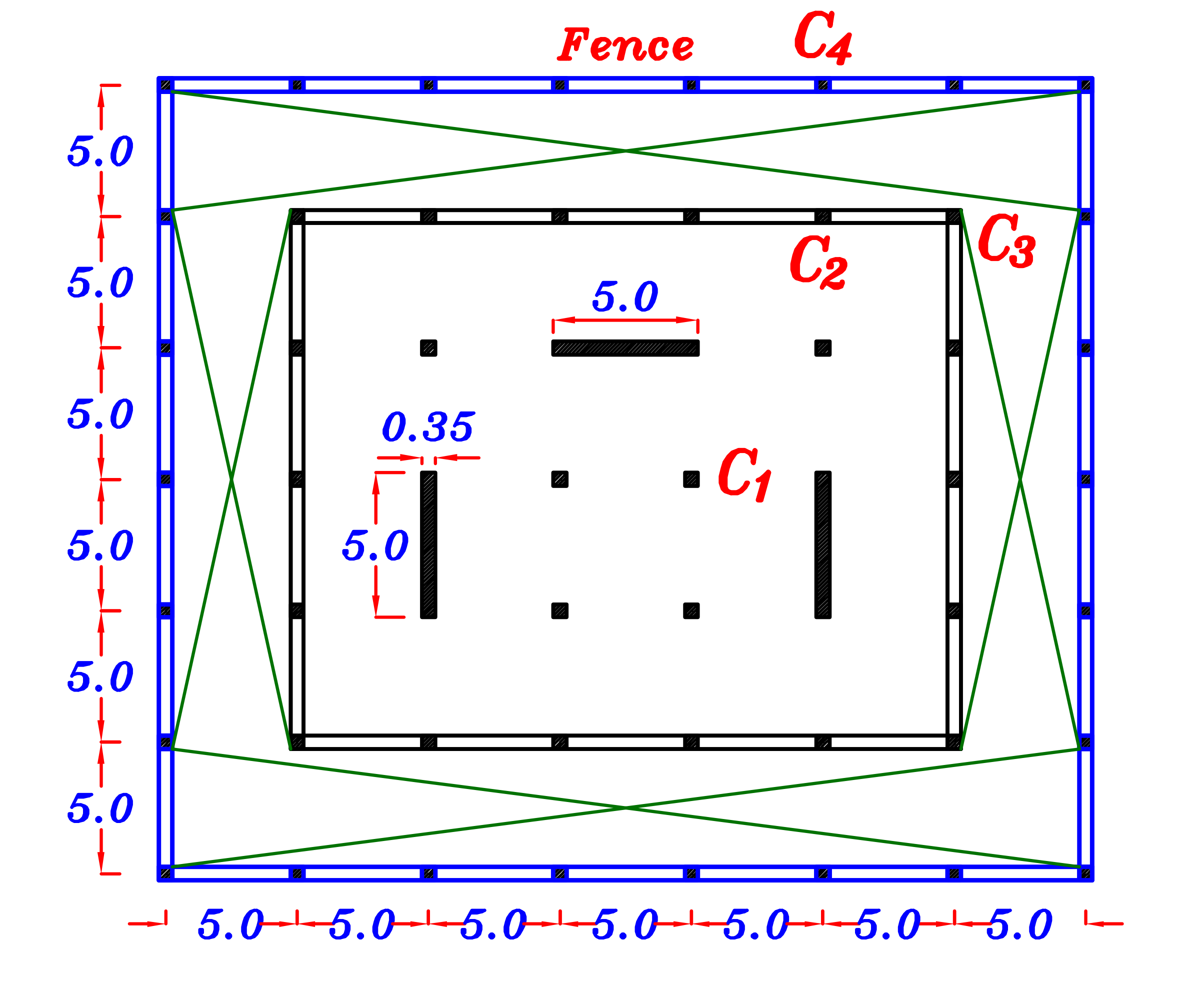
All Beams are $(250 * 500)$

Outer Fence height $= 3.0\ m$

it is required according to case of total load to:

1- Determine the type of columns (braced or unbraced) in (X & Y) directions.

2- Determine the upper and lower buckling cases at ground Floor columns C_1, C_2, C_3 & C_4


Fence
C_4
C_3
C_2
C_1
5.0
0.35
5.0
5.0
5.0
5.0
5.0
5.0
5.0
5.0 5.0 5.0 5.0 5.0 5.0 5.0

Solution.

To determine the type of columns (braced or unbraced) in (X & Y) directions.

$$\alpha = H_b \sqrt{\frac{N}{\sum EI}}$$

Egyptian Code Page (6–49)

* $H_b = 4.0 * 8.0 = 32.0\ m$

* $N = w_{av.} \times A \times n$

$w_{av.} = 11.0\ (kN\backslash m^2)$

A = area of one Floor $= 20.0 \times 25.0 = 500\ m^2$

$N = 11.0 \times 500 \times 8.0 = 44000\ kN$

* $E = 4400\sqrt{F_{cu}} = 4400\sqrt{25} = 22000\ (N\backslash mm^2)$

لتحويلها الى ($kN\backslash m^2$) نضربها في (10^3)

$E = 22000 \times 10^3\ (kN\backslash m^2)$

* $I = \dfrac{b\,t^3}{12} = \dfrac{0.35\,(5.0)^3}{12}$

$I = 3.646\ m^4$

0.35

5.0

$$\alpha_X = H_b \sqrt{\frac{N}{\sum EI}} = 32.0 \sqrt{\frac{44000}{1 \times (22000 \times 10^3) \times 3.646}}$$

1 Shear Wall at X-direction

$$= 0.749$$

$$\therefore \boxed{\alpha = 0.749} > 0.60$$

$\therefore$ the columns are Unbraced at X-Direction

$$\alpha_X = H_b \sqrt{\frac{N}{\sum EI}} = 32.0 \sqrt{\frac{44000}{2 \times (22000 \times 10^3) \times 3.646}}$$

2 Shear Walls at Y-direction

$$= 0.530$$

$$\therefore \boxed{\alpha = 0.530} < 0.60$$

$\therefore$ the columns are Braced at Y-Direction

2- To determine the upper and lower buckling cases at ground Floor columns $C_1, C_2, C_3 \& C_4$

IF Column's Dimensions are not given.

لو لم تكن أبعاد العمود معطاه فى المسأله

ممكن فرضها كأن العمود لا يؤثر عليه Buckling :

1- IF the column subjected to $P_{U.L.}$ only.

Get dimensions From $P_{U.L.} = 0.35\, A_c\, F_{cu} + 0.67 \left(\frac{A_c}{100}\right) F_y$

Take $\mu = \frac{A_s}{A_c} = 1.0\ \% \longrightarrow A_s = \frac{A_c}{100}$

$$P_{U.L.} = 0.35\, A_c\, F_{cu} + 0.67 \left(\frac{A_c}{100}\right) F_y \longrightarrow \text{Get } A_c = \checkmark\ mm^2$$

يفضل فرض الابعاد مربعه للتسهيل

2- IF the column subjected to $P_{U.L.}$ & $M_{ext.}$

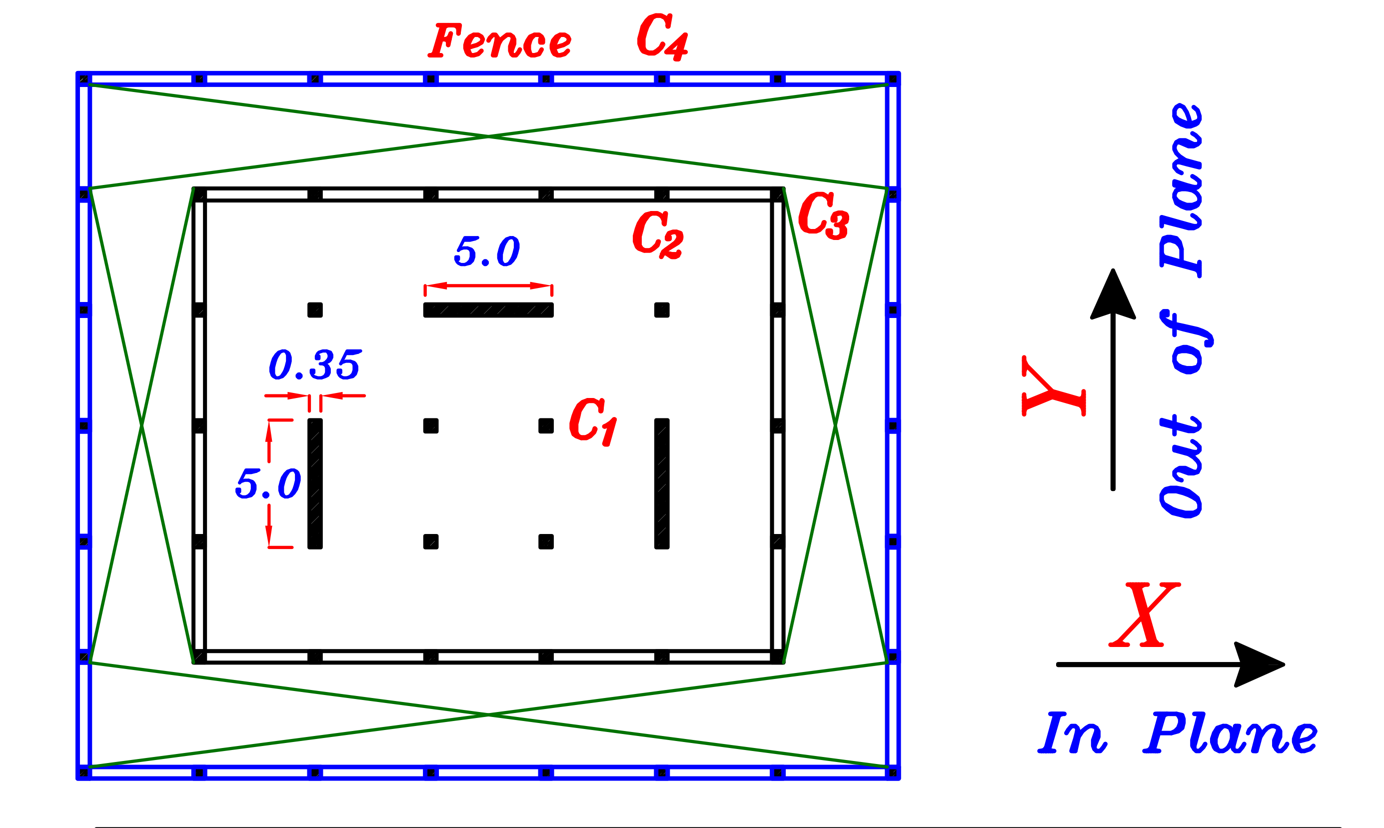
Assume $b = \checkmark$

- Get $d_1 = C_1 \sqrt{\frac{M_{U.L.}}{F_{cu}\, b}}$ take $C_1 = 3.5$ $\boxed{t_1 = d_1 + cover}$

Get $t_2 \longrightarrow P_{U.L.} = 0.35\,(b\,t_2)\, F_{cu} + 0.67\, \frac{(b\,t_2)}{100} F_y$

- t_o = The bigger value of t_1 & t_2

- $\boxed{t = (1.1 \rightarrow 1.3)\, t_o}$



Column C_1

0.16

In Plane

upper case Case ② عرض العمود و تخانه البلاطه

lower case Case ① عرض العمود و تخانه القاعده

Out of Plane

upper case Case ② عرض العمود و تخانه البلاطه

lower case Case ① عرض العمود و تخانه القاعده

Column C_2

0.50 0.16

In Plane

upper case Case ① or ② عرض العمود و تخانه الكمره

lower case Case ① عرض العمود و تخانه القاعده

Out of Plane

upper case Case ② عرض العمود و تخانه البلاطه

lower case Case ① عرض العمود و تخانه القاعده

Column C_3

0.50 0.50

In Plane

upper case Case ① or ② عرض العمود و تخانه الكمره

lower case Case ① عرض العمود و تخانه القاعده

Out of Plane

upper case Case ① or ② عرض العمود و تخانه الكمره

lower case Case ① عرض العمود و تخانه القاعده

Column C_4

In Plane

upper case Case ① or ② عرض العمود و تخانه الكمره

lower case Case ① عرض العمود و تخانه القاعده

Out of Plane

upper case Case ④ Free

lower case Case ① عرض العمود و تخانه القاعده